



**ITS**

Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR – TL 141584**

**KARAKTERISASI DAN PROSES  
MANUFAKTUR KOMPOSIT  
*POLYPROPYLENE* BERPENGUAT SERAT  
*DENDROCALAMUS ASPER* UNTUK  
APLIKASI RUANG MESIN OTOMOTIF**

Zulfa Ilham Basyarahil  
NRP. 2713 100 066

Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**TUGAS AKHIR – TL 141584**

**KARAKTERISASI                      DAN                      PROSES  
MANUFAKTUR                      KOMPOSIT  
*POLYPROPYLENE*    BERPENGUAT    SERAT  
*DENDROCALAMUS*    *ASPER*    UNTUK  
APLIKASI RUANG MESIN OTOMOTIF**

Zulfa Ilham Basyarahil.  
NRP. 2713 100 066

Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



**FINAL PROJECT – TL 141584**

**CHARACTERIZATION AND  
MANUFACTURING PROCESS OF  
POLYPROPYLENE/ *DENDROCALAMUS*  
*ASPER* FIBRE COMPOSITE FOR  
AUTOMOTIVE ENGINE ROOM**

Zulfa Ilham Basyarahil.  
SRN. 2713 100 066

Advisor  
Ir. Moh. Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.

Departement of Material Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**KARAKTERISASI DAN PROSES  
MANUFAKTUR KOMPOSIT  
POLYPROPYLENE BERPENGUAT SERAT  
DENDROCALAMUS ASPER UNTUK  
APLIKASI RUANG MESIN OTOMOTIF**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
Zulfa Ilham Basyarahil  
NRP. 27 13 100 066

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Ir. Moh. Farid, DEA..... (Pembimbing I)

Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T..... (Pembimbing II)

**SURABAYA**



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



**KARAKTERISASI DAN PROSES MANUFAKTUR  
KOMPOSIT POLYPROPYLENE BERPENGUAT  
DENDROCALAMUS ASPER UNTUK APLIKASI RUANG  
MESIN OTOMOTIF**

**Nama** : Zulfa Ilham Basyarahil  
**NRP** : 2713 100 066  
**Departemen** : Teknik Material  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Moh Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

**ABSTRAK**

*Kebisingan dapat mempengaruhi kenyamanan saat berkendara. Oleh karena itu pembuatan interior penumpang haruslah menggunakan material yang dapat mengabsorpsi suara. Sebelumnya, sudah diteliti mengenai komposit polypropylene berpenguat serat Dendrocalamus Asper dan penambahan MAPP sebagai coupling agent. Akan tetapi, penelitian sebelumnya masih dilakukan penelitian untuk prosesnya dan belum diaplikasikan untuk interior otomotif. Sehingga dibuatlah penelitian yang bertujuan untuk menganalisa material komposit polypropylene berpenguat serat Dendrocalamus Asper untuk diaplikasikan penyerapan suara bagian interior otomotif. Permasalahan yang dikaji untuk mengetahui nilai koefisien absorpsi suara, sifat fisik, serta sifat mekanik. Komposisi fraksi massa serat yang digunakan adalah 5%, 10%, 15% dan penambahan MAPP dengan komposisi sebesar 2 %. Tujuannya untuk mendapatkan nilai koefisien absorpsi suara terbaik serta sifat fisik dan mekanik yang paling baik. Metode yang digunakan berdasarkan standard ASTM E 1050 untuk pengujian absorpsi suara, ASTM D790 untuk pengujian flexural, dan ASTM D792 untuk pengujian densitas. Dari hasil pengujian dapat dilihat pada morfologi komposit polypropylene/MAPP/SB pori yang terbentuk semakin sedikit karena penambahan MAPP sebagai coupling agent untuk memperbaiki gaya adhesi antara serat dan matriks, sehingga*

*poros yang dimiliki semakin kecil, ditunjukkan pula pada densitas penambahan SBB 10% memiliki nilai densitas yang terendah sehingga memiliki poros yang paling tinggi. Hasil Pengujian yang lain adalah nilai koefisien absorpsi suara, kekuatan lentur dan densitas tertinggi didapatkan pada fraksi massa 20% secara berturut turut 0.526 pada frekuensi 4000 Hz, 36.2861 Mpa, 1.224 gr/cm<sup>3</sup>.*

***Kata Kunci: Sound Absorption Material, Interior, Serat Dendrocalamus Asper, Polypropylene, Sifat fisik, Sifat Mekanik.***

# **CHARACTERIZATION AND MANUFACTURING PROCESS OF POLYPROPYLENE/ DENDROCALAMUS ASPER FIBRE COMPOSITE FOR AUTOMOTIVE ENGINE ROOM**

**Name** : Zulfa Ilham Basyarahil  
**SRN** : 2713 100 066  
**Departement** : Material Engineering  
**Advisor** : Ir. Moh Farid, DEA  
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

*Noise can affect comfort while driving. Therefore, the manufacture of passenger interiors must use materials that can absorb sound. Previously been studied about polypropylene with Dendrocalamus Asper fibre composite and addition of MAPP as coupling agent. However, previous research is still not done research for the process and has not been applied to automotive interiors. So, the research was made to analyze the composite material of polypropylene with Dendrocalamus Asper fibre for applied sound absorption of automotive interior parts. The problems studied to determine the value of sound absorption coefficient, physical properties, and mechanical properties. The composition of the fiber mass fraction used is 5%, 10%, 15% and the addition of MAPP with a composition of 2%. The goal is to get the best sound absorption coefficient value as well as the best physical and mechanical properties. The method used is based on the ASTM E 1050 standard for sound absorbs, ASTM D790 for flexural testing, and ASTM D792 for density testing. From the test results can be seen on the morphology of polypropylene / MAPP / SB pore composite that formed less and less because of the addition of MAPP as coupling agent to improve adhesion force between fiber and matrix, so that the porous owned is smaller, also shown at the density of additional 10% SBB has value lowest density so that it has the highest porous. Other test results are the value of*

*sound absorption coefficient, bending strength and highest density obtained at 20% consecutive mass fraction 0.526 at frequency 4000 Hz, 36.2861 Mpa, 1.224 gr / cm<sup>3</sup>.*

***Keywords: Sound Absorption Material, Interior, Dendrocalamus Asper Fiber, Polypropylene, Physical Properties, Mechanical Properties.***

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas berkat rahmat Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Karakterisasi dan Proses Manufaktur Komposit *Polypropylene* Berpenguat Bambu Betung untuk Aplikasi Ruang Mesin Otomotif”** sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan moril dan materiil selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Moh. Farid, DEA selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir, yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Haniffudin Nurdiansah S.T. M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang dengan sabar mau memberikan bimbingan, saran dan evaluasi selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI – ITS.
5. Ibu Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc. selaku dosen wali penulis.
6. Pak Tari, Mas Dayat, Mbak Iis dan segenap karyawan JTMM yang telah banyak membantu selama proses pengerjaan tugas akhir ini
7. Rekan Seperjuangan dan rekan laboratorium dalam hal pengerjaan tugas akhir Aji Pambudi, Aditya Pradhana, Rachmadhani Dian, Mutia Egi, Axel gian, Samuel Budi dan Henry.
8. Teman-teman Mahasiswa Angkatan 2013 (MT15).
9. Teman-teman “HIMOMITS” yang selalu memberikan dukungan moral dan berbagi canda tawa bersama.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis

dalam penyusunan laporan ini. Untuk itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk menjadi evaluasi selanjutnya.

Demikian penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan ilmu yang dapat diambil manfaat yang sebesar-besarnya bagi kemajuan teknologi khususnya dibidang material inovatif.

Surabaya, Juli 2017  
Penulis

Zulfa Ilham Basyarahil  
NRP. 27 13 100 066

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Material Komposit.....	5
2.1.1 Klasifikasi Komposit .....	7
2.2 Serat Alam Bambu Betung .....	11
2.3 Polypropylene .....	15
2.4 <i>Maleic Anhydride-g-polypropylene</i> (MAPP).....	17
2.5 Material Akustik .....	18
2.6 Koefisien Serap Bunyi.....	21
2.7 Bahan Absorpsi Suara .....	24
2.8 Analisis Thermal <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC) .....	27
2.9 Metode Pembuatan Komposit.....	29
2.10 Aplikasi Komposit Pada Ruang Mesin Otomotif .....	33
2.11 Penelitian Sebelumnya.....	35
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	39
3.1.1 Diagram Alir Pembuatan Serat Mikro Selulosa .....	41
3.1.1 Diagram Alir Pembuatan <i>Model</i> .....	42
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian .....	43

3.2.1 Bahan Penelitian .....	43
3.1.1 Peralatan Penelitian .....	44
3.3 Variabel Penelitian .....	49
3.4 Rancangan Penelitian .....	49
3.5 Metode Penelitian .....	50
3.5.1 Persiapan Bahan .....	50
3.5.1.1 Pengolahan Serat Bambu Betung .....	50
3.5.1.2 Pengolahan Matriks .....	51
3.5.2 Pembuatan Spesimen Uji Komposit .....	51
3.5.2.1 Pembuatan Cetakan .....	51
3.5.2.2 Pembuatan Spesimen Uji .....	51
3.5.3 Pembuatan <i>Model</i> Ruang Mesin Otomotif .....	52
3.6 Proses Pengujian .....	53
3.6.1 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara .....	53
3.6.2 Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	55
3.6.3 Pengujian <i>Flexural</i> .....	57
3.6.4 Pengujian <i>Fourier Transform InfraRed</i> (FTIR) .....	58
3.6.5 Pengujian Densitas .....	60
3.6.6 Pengujian TGA .....	61
3.7 Jadwal Penelitian .....	63
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Analisis <i>Fourier Transform InfraRed</i> (FTIR) .....	65
4.1.1 Analisis Hasil FTIR Serat Bambu Betung <i>Alkali Treated</i> dan <i>Non Alkali Treated</i> .....	65
4.1.2 Analisis Hasil FTIR Polypropylene dan MAPP ...	67
4.1.3 Analisis Perbandingan Hasil FTIR Komposit PP/MAPP/Serat Bambu Betung .....	69
4.2 Analisis Densitas .....	71
4.3 Analisis Morfologi .....	72
4.4 Analisis Kekuatan Lentur .....	74
4.5 Analisis Absorpsi Suara .....	76
4.6 Analisis <i>Thermal Gravimetri Analysis</i> .....	79
4.7 <i>Model</i> Ruang Mesin Otomotif .....	81
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	85



5.2 Saran .....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xxvii</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>xxxv</b>

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sturktur Komposit .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks ....	7
<b>Gambar 2.3</b> Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Penguat....	8
<b>Gambar 2.4</b> Parameter Fiber pada Komposit .....	10
<b>Gambar 2.5</b> a. Laminates, b. <i>Sandwich Panel</i> .....	10
<b>Gambar 2.6</b> Struktur Kimia Lignin dan Selulosa .....	13
<b>Gambar 2.7</b> Struktur Kimia Polypropylene .....	16
<b>Gambar 2.8</b> Struktur Kimia MAPP .....	17
<b>Gambar 2.9</b> Pembentukan Ikatan Hidrogen antara MAPP dan Selulosa .....	19
<b>Gambar 2.10</b> Tipe Material Penyerap Suara .....	20
<b>Gambar 2.11</b> Skema Penyerapan Suara oleh Material Absorber	22
<b>Gambar 2.12</b> Pemantulan dan Penyerapan Bunyi dari Media Akustik .....	23
<b>Gambar 2.13</b> Karakteristik Penyerapan Suara <i>Porous Absorber</i>	24
<b>Gambar 2.14</b> Karakteristik Penyerapan Suara <i>Resonant Absorber</i> .....	25
<b>Gambar 2.15</b> Karakteristik Penyerapan Suara <i>Helmholtz Absorber</i> .....	26
<b>Gambar 2.16</b> Karakteristik Penyerapan Suara <i>Wideband Absorber</i> .....	27
<b>Gambar 2.17</b> Kurva DSC skematik dari jumlah energi masuk (y) yang diperlukan untuk menjaga setiap temperatur (x), dipindai pada berbagai suhu. Bawah: kurva normal yang mengatur kapasitas panas awal sebagai referensi. ....	29
<b>Gambar 2.18</b> Proses <i>Hand Lay Up</i> .....	30
<b>Gambar 2.19</b> Proses Spray-Up .....	31
<b>Gambar 2.20</b> Proses <i>Filament Winding</i> .....	31
<b>Gambar 2.21</b> Proses <i>Compression Molding</i> .....	32
<b>Gambar 2.22</b> Proses <i>Injection Molding</i> .....	32
<b>Gambar 2.23</b> Proses <i>Countiuous Pultrusion</i> .....	33
<b>Gambar 2.24</b> Ruang Mesin Panser Anoa .....	34
<b>Gambar 2.25</b> Dimensi dar BTR-70 .....	35

<b>Gambar 3.1</b>	Diagram alir penelitian.....	39
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram Alir Pembuatan Serat Mikro Selulosa ....	41
<b>Gambar 3.3</b>	Diagram Alir Pembuatan <i>model</i> .....	42
<b>Gambar 3.4</b>	Serat Bambu Betung.....	43
<b>Gambar 3.5</b>	Polypropylene Pellet .....	43
<b>Gambar 3.6</b>	Aquades .....	43
<b>Gambar 3.7</b>	NaoH.....	44
<b>Gambar 3.8</b>	Maleic Anhydride -g- Polypropylene .....	44
<b>Gambar 3.9</b>	Alat Sieving.....	44
<b>Gambar 3.10</b>	Hot Plate dan Magnetic Stirrer .....	45
<b>Gambar 3.11</b>	Cetakan Spesimen Uji Absorpsi Suara .....	45
<b>Gambar 3.12</b>	Timbangan Digital .....	46
<b>Gambar 3.13</b>	Oven.....	46
<b>Gambar 3.14</b>	Alat Uji SEM.....	47
<b>Gambar 3.15</b>	Alat Uji FTIR .....	47
<b>Gambar 3.16</b>	Alat Uji Absorpsi Suara .....	48
<b>Gambar 3.17</b>	Alat Uji Flexural.....	48
<b>Gambar 3.18</b>	Alat Uji TGA.....	49
<b>Gambar 3.19</b>	Proses Alkalisasi.....	50
<b>Gambar 3.20</b>	Hasil Dry Blending, a. Cetakan Uji Absorpsi Suara, b. Cetakan Uji Flexural .....	51
<b>Gambar 3.21</b>	Desain Pola Cetakan <i>Model</i> .....	52
<b>Gambar 3.22</b>	Cetakan <i>Model</i> .....	52
<b>Gambar 3.23</b>	Hasil Dry Blending Model .....	53
<b>Gambar 3.24</b>	Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara .....	54
<b>Gambar 3.25</b>	Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara .....	54
<b>Gambar 3.26</b>	Spesimen Uji Absorpsi Suara .....	55
<b>Gambar 3.27</b>	Dimensi Spesimen SEM.....	56
<b>Gambar 3.28</b>	Prinsip Kerja SEM .....	56
<b>Gambar 3.29</b>	Spesimen Uji SEM.....	57
<b>Gambar 3.30</b>	Dimensi Uji Kelenturan.....	57
<b>Gambar 3.31</b>	Spesimen Uji Flexural .....	58
<b>Gambar 3.32</b>	Skema Uji FTIR .....	59
<b>Gambar 3.33</b>	Spesimen Uji FTIR.....	60
<b>Gambar 3.34</b>	Spesimen Uji Densitas.....	61

<b>Gambar 3.35</b> Skema Uji TGA.....	62
<b>Gambar 3.36</b> Spesimen Uji TGA .....	62
<b>Gambar 4.1</b> Hasil Uji FTIR pada Serat Bambu Betung <i>Alkali Treated</i> dan <i>Non Alkali Treated</i> .....	65
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Uji FTIR pada polypropylene/MAPP .....	67
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Uji FTIR pada Komposit PP/MAPP/Serat Bambu Betung .....	69
<b>Gambar 4.4</b> Nilai Densitas .....	71
<b>Gambar 4.5</b> Hasil SEM Serat Bambu Betung (a) Tanpa Perlakuan Alkali (b) Serat dengan Perlakuan Alkali.....	72
<b>Gambar 4.6</b> Hasil Uji SEM Polypropylene, a. tanpa penambahan MAPP, b. dengan penambahan MAPP .....	73
<b>Gambar 4.7</b> Hasil Uji SEM PP/MAPP/20%SBB .....	74
<b>Gambar 4.8</b> Grafik <i>Flexural Strength</i> .....	75
<b>Gambar 4.9</b> Nilai Koefisien Absorpsi Suara .....	78
<b>Gambar 4.10</b> Grafik TGA PP/MAPP/Serat Bambu Betung .....	80
<b>Gambar 4.11</b> Desain Pola Cetakan Model .....	82
<b>Gambar 4.12</b> Hasil Analisa Visual <i>Model</i> , a. Void, b. Warping, c. Black Spot.....	83

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Komposisi Kimia Serat Bambu .....	11
<b>Tabel 2.2</b> <i>Mechanical Properties</i> Bambu Betung.....	12
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Polypropylene .....	16
<b>Tabel 2.4</b> Koefisien Penyerapan Bunyi dari Material Akustik ...	21
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Penelitian .....	49
<b>Tabel 3.2</b> Jadwal Penelitian .....	63
<b>Tabel 4.1</b> Daerah Serapan Infra Merah Serat Bambu Betung <i>Alkali Treated</i> .....	66
<b>Tabel 4.2</b> Daerah Serapan Infra Merah <i>pure polypropylene</i> dan PP/MAPP .....	68
<b>Tabel 4.3</b> Daerah Serapan Infra Merah <i>pure polypropylene</i> dan PP/MAPP .....	70
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Densitas .....	71
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Uji <i>Flexural Strength</i> .....	75
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Pengujian Absorpsi Suara .....	77

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Saat ini di Indonesia telah banyak beredar mobil buatan negara maju yang dengan mudah didapatkan oleh masyarakat karena harga yang relatif terjangkau. Terlalu tingginya jumlah kendaraan akan menimbulkan permasalahan lingkungan dan mempengaruhi kenyamanan aktivitas manusia. Yang utama adalah kebisingan, kebisingan merupakan polusi yang akan mengganggu pendengaran seseorang, dan juga akan mengakibatkan manusia bisa mengalami stress (Lee, 2003). Salah satu sumber kebisingan itu bisa muncul dari suara lalu lintas, terutama kebisingan dari kendaraan bermotor. Kebisingan yang disebabkan oleh lalu lintas memiliki koefisien bunyi sekitar 90 dB. Dalam hal ini, pemerintah dan badan keselamatan lingkungan dunia menetapkan aturan perundang-undangan polusi kebisingan. Dasar pendukung perundang-undangan Peraturan Menteri lingkungan hidup no 7 tahun 2009 tentang ambang batas kebisingan kendaraan bermotor menyatakan bahwa kendaraan bermotor memiliki ambang batas kebisingan rata-rata 80 dB Oleh karena itu kebisingan akibat kendaraan bermotor merupakan permasalahan yang perlu dipecahkan. Namun di sisi lain, muncul kebutuhan untuk material baru dan inovatif yang mampu untuk memenuhi kebutuhan seperti efisien, ringan, dan tahan lama (Garcia-Valles, Avila G, 2008).

Material komposit merupakan area penelitian yang sangat luas dan telah menjadi solusi untuk banyak permasalahan. Beberapa teknologi sudah diterapkan terutama untuk mengurangi kebisingan yang timbul pada kendaraan bermotor. Seperti contohnya di dalam interior penumpang.



Kebisingan dapat mempengaruhi kenyamanan saat berkendara. Oleh karena itu, tentunya untuk pembuatan interior penumpang haruslah menggunakan bahan yang dapat mengabsorbsi suara. Pada perkembangannya, saat ini telah dikembangkan berbagai material komposit dari serat alam yang digunakan pada industri otomotif. Seperti contohnya di dalam interior penumpang. Tentunya untuk pembuatan interior ini membutuhkan bahan yang dapat mengabsorbsi suara. Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengendalikan kebisingan (Shoshani, 1990). Misalkan pada bamboo/PP, banana/PP, dan jute/PP berturut-turut menghasilkan koefisien absorpsi suara sebesar 0,2; 0,17; 0,12 (Thilagavati, 2015). Serat alami memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan serat sintetis yaitu beratnya yang lebih ringan, dapat diolah secara alami dan ramah lingkungan.

Dengan pembuatan komposit menggunakan komposit matriks *polypropylene* dan serat bambu betung (*Dendrocalamus Asper*) dengan variasi fraksi massa serat 10%, 15%, dan 20% serta penambahan 2% MAPP diharapkan nantinya tercipta material absorpsi suara untuk aplikasi otomotif yang mempunyai kemampuan absorpsi suara yang baik serta ramah lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh penambahan MAPP dan variasi fraksi massa serat pada komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung (*dendrocalamus asper*) terhadap morfologi dan densitas komposit?
2. Bagaimana pengaruh penambahan MAPP dan variasi fraksi massa serat pada komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung (*dendrocalamus asper*) terhadap nilai koefisien absorpsi suara?



3. Bagaimana pengaruh penambahan MAPP dan variasi fraksi massa serat pada komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung (*dendrocalamus asper*) terhadap kekuatan lentur komposit?
4. Bagaimana cara membuat *model* ruang mesin otomotif dengan metode *uncompression molding* menggunakan komposit *Polypropylene* / serat bambu betung?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisa pengaruh penambahan MAPP dan variasi fraksi massa serat pada komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung (*dendrocalamus asper*) terhadap morfologi dan densitas komposit.
2. Menganalisa pengaruh penambahan MAPP dan variasi fraksi massa serat pada komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung (*dendrocalamus asper*) terhadap nilai koefisien absorpsi suara.
3. Menganalisa pengaruh penambahan MAPP dan variasi fraksi massa serat pada komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung (*dendrocalamus asper*) terhadap kekuatan lentur komposit.
4. Membuat *model* ruang mesin otomotif dengan metode *uncompression molding* menggunakan komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Kandungan pengotor diabaikan pada penelitian.
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
3. Distribusi persebaran serat dianggap merata.
4. Ukuran serat dianggap homogen.



---

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memanfaatkan bahan organik di lingkungan sekitar kita guna meningkatkan nilai guna yang lebih baik.
2. Memberikan alternatif material di masa yang akan datang dengan memanfaatkan sumber daya alam di lingkungan sekitar kita.
3. Memberikan pengetahuan mengenai nilai koefisien absorpsi suara dari komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung (*Dendrocalamus Asper*) sebagai petunjuk proses produksi material akustik
4. Memberikan pengetahuan mengenai sifat fisik dan sifat mekanik komposit *Polypropylene*/ serat bambu betung (*Dendrocalamus Asper*) petunjuk proses produksi material akustik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Material Komposit**

Material Komposit dapat didefinisikan sebagai perpaduan antara dua material atau lebih untuk mendapatkan sifat yang lebih baik dari material penyusunnya ketika berdiri sendiri. Lain halnya dengan paduan logam, material penyusun pada komposit ini tetap mempertahankan masing-masing sifat kimiawi, fisik, maupun mekaniknya satu sama lain (Campbell, 2010).

Material komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

Dengan Penggabungan dua atau lebih material yang berbeda, maka dapat diperbaiki dan dikembangkan sifat-sifat mekanik dan fisik dari material-material tersebut diantaranya adalah (Sulistijono, 2013):

- Konduktivitas Termal
- Ketahanan Fatik
- Kekuatan
- Tampilan
- Kekakuan
- Ketahanan Korosi
- Ketahanan Gesek
- Insulasi Listrik
- Berat
- Insulasi Panas

Keuntungan utama dari material komposit yaitu kekuatan dan kekakuan yang tinggi, digabungkan dengan densitas yang rendah jika dibandingkan dengan *bulk material*, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan material yang lebih ringan (Campbell, 2010).

Material komposit terdiri dari dua penyusun utama yaitu matriks dan filler:



## 1. Matriks

Matriks adalah fasa yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat secara bersamaan. Karakteristik yang dimiliki matriks umumnya adalah ulet, serta memiliki kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah dibanding reinforcednya (Sulistijono, 2013). Matriks ini juga mempunyai fungsi yaitu (Harris, 1999):

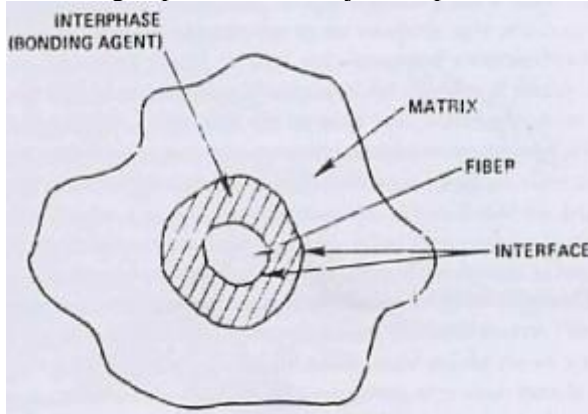
- a. Matriks mengikat *fibres*, menjaga agar tetap sejajar dengan arah tegangan. Beban yang diberikan terhadap komposit akan didistribusikan ke *fibres*, memungkinkan komposit untuk menerima *compression*, *flexural*, maupun *shear force*. Kemampuan komposit untuk menerima berbagai beban tergantung pada matriks sebagai media pentransfer beban, dan juga efisiensi dari transfer beban juga berkaitan dengan kualitas dari ikatan antara matriks dan *fibres*.
- b. Matriks melindungi *reinforcing filaments* dari kerusakan mekanik, misalnya abrasi dan juga dari kondisi lingkungan lingkungan (Nayiroh, 2013).
- c. Matriks menyumbang beberapa sifat seperti kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik (Nayiroh, 2013).

## 2. Reinforced

*Reinforced* adalah penguat yang ditempatkan di dalam matriks pada komposit dan harus memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dari matriksnya. Penguat tidak selalu berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik komposit dan memberikan efek penguatan, tetapi juga digunakan untuk mengubah sifat-sifat fisik seperti sifat tahan aus, koefisien friksi atau konduktivitas termal. Serat-serat penguat dapat dibuat dari logam, keramik, dan polimer yang diubah menjadi serat yang disebut kevlar atau serat grafit yang disebut dengan serat karbon. Serat yang ditanam dalam matriks akan meningkatkan modulus matriks. Ikatan yang kuat sepanjang serat memberikan modulus yang sangat tinggi (Sulistijono, 2013).

Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya; Matriks, sebagai

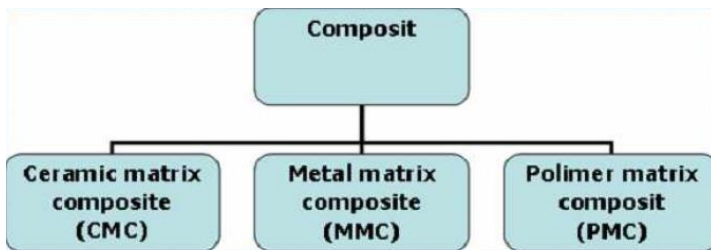
penyusun dengan fraksi volume terbesar, *Reinforced*, sebagai penahan beban utama, *Interphase*, sebagai pelekat antar dua penyusun, dan *interface*, sebagai permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain ditunjukkan pada Gambar 2. 1.



**Gambar 2.1** Struktur Komposit (Nayiroh, 2013).

### 2.1.1 Klasifikasi Komposit

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dapat diklasifikasikan seperti Gambar 2. 2 berikut (Callister, 2001):



**Gambar 2.2** Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks (Callister, 2001)

#### a. *Polymer Matrix Composite (PMC)*

Komposit jenis ini menggunakan polimer sebagai matriksnya, dengan *fibres* sebagai *reinforcednya*



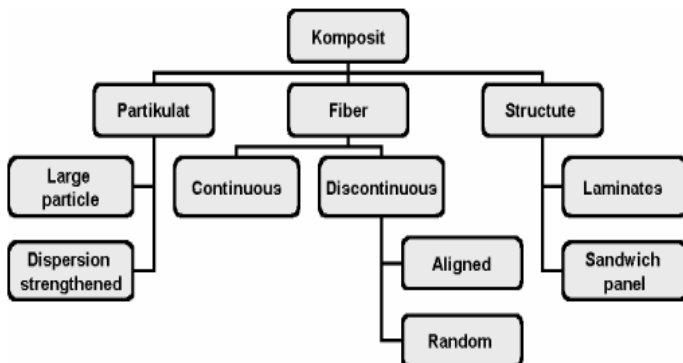
b. *Metal Matrix Composite* (MMC)

Komposit jenis ini menggunakan logam yang ulet sebagai matriksnya. Material ini dimanfaatkan pada temperatur yang lebih tinggi. Beberapa keunggulannya dibanding PMC yaitu temperatur operasinya yang lebih tinggi, *nonflammable*, dan juga lebih tahan akan degradasi oleh fluida organik.

c. *Ceramic Matrix Composite* (CMC)

Komposit jenis ini menggunakan keramik sebagai matriksnya. Secara inheren tahan terhadap oksidasi dan juga kerusakan pada temperatur tinggi. Jenis komposit ini sangat cocok untuk digunakan pada temperatur tinggi dan juga untuk aplikasi yang mengalami severe-stress, seperti komponen mobil dan juga turbin gas.

Selain itu, komposit juga dapat dibedakan berdasarkan jenis penguatnya pada Gambar 2. 3 sebagai berikut:



**Gambar 2.3** Klasifikasi Komposit berdasarkan Jenis Penguat  
(Nayiroh, 2013)

a. *Particulate Composite*

Menggunakan penguat berbentuk partikel. Peran partikel dalam komposit partikel adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi





plastik matriks yang ada di sela-sela partikel. Beberapa jenis partikel dapat dibagi menjadi seperti di bawah ini:

1. Partikulat

Aspek rasio panjang terhadap diameter kurang dari 5 mikrometer

2. Dispersoidal

Sama seperti partikulat, bahkan diameter kurang dari 1 mikrometer

3. Platelet

Berbentuk plat dengan rasio diameter terhadap ketebalan lebih besar dari 2 mikrometer

4. Fiber pendek (Mat)

Berbentuk silinder dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 5 mikrometer

5. *Whiskers*

Berupa kristal tunggal yang memanjang, dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 10 mikrometer (Sulistijono, 2013).

*b. Fiber Composite*

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Adapun parameter serat pada komposit, yaitu:

1. Distribusi

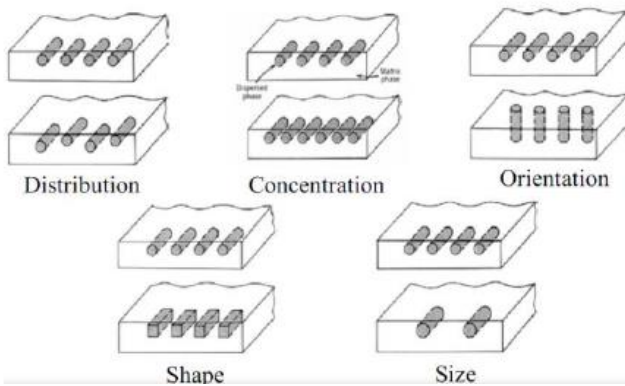
2. Konsentrasi

3. Orientasi

4. Bentuk

5. Ukuran

Parameter serat pada komposit dapat digambarkan seperti Gambar 2. 4 sebagai berikut:



**Gambar 2.4** Parameter Fiber pada Komposit (Callister, 2001)

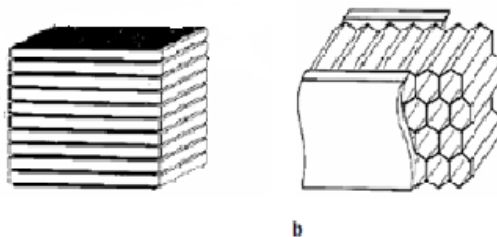
c. *Structural Composite*

Komposit jenis ini biasanya terdiri dari material homogen, dimana sifatnya tak hanya bergantung pada konstituen materianya saja, namun juga bergantung pada desain geometrinya dari struktur elemen. Jenis ini dapat dibagi lagi menjadi:

1. *Laminar Composite*

Terdiri dari *two-dimensional sheet* yang memiliki arah *high-strength* seperti yang ditemukan pada kayu. Lapisan ditumpuk dan kemudian ditempel secara bersamaan sehingga orientasi arah *high-strength* nya bervariasi.

2. *Sandwich Panels*



**Gambar 2.5** a. Laminar Composite b. Sandwich Panels (Callister, 2001)



Pada Gambar 2. 5 *sandwich panels* terdiri dari dua lembar luar yang kuat, atau wajah, dipisahkan oleh lapisan bahan yang kurang padat, atau inti, yang memiliki kekakuan yang lebih rendah dan kekuatan yang lebih rendah. Bagian wajah menanggung sebagian besar in-plane loading, dan juga bending stress yang melintang (Callister, 2001).

## 2.2 Serat Alam *Dendrocalamus Asper*

*Dendrocalamus asper* (Bambu Betung) ialah bambu yang amat kuat, dengan jarak ruas pendek, tetapi memiliki dinding yang tebal sehingga tidak begitu liat. Garis tengah bambu betung 80-130 mm, panjang batang 10-20 m. Bambu ini sering ditanam dan tumbuh pada daerah ketinggian 1900 mdpl. (Fahmi, 2011). Di Indonesia banyak sekali daerah yang menanam bambu betung seperti perkebunan bambu nusa verde yang ada di Sleman, D.I.Y. Jogjakarta, dan pada Desa Cengkrong, Kecamatan Pasrepan, Kabupaten Pasuruan. Untuk mendapatkan kualitas bambu yang maksimal, bambu betung dipanen pada umur 4 tahun.

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Serat Bambu (Khalil, 2015)

Species	Holocellulose (%)	Cellulose (%)	Lignin (%)
<i>Phyllostachys makinoi</i>	79.9	45.3	25.5
<i>Phyllostachys edulis (Riv.)</i>	-	44.5	20.5
<i>Yunnanicus bamboo</i>	70.3	52.7	25.5
<i>Whangee bamboo</i>	70.2	52.4	23.2
<i>Dendrocalamus asper</i>	74.0	-	28.5
<i>Gigantochloa scortechinii</i>	67.4	-	26.4



<i>Phyllostachys pubescens</i>	71.7	-	23.6
<i>Schizostachyum zollingeri</i>	71.6	-	21.4
<i>Bambusa vulgaris</i>	67.1	50.2	23.9

Bambu betung memiliki serat yang panjang yaitu 4,69 mm. Serat yang panjang ini akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik sehingga memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak mudah ditembus oleh cahaya (Widya dan Euis, 2008; Haygreen dan Bowyer, 1996). Tebal dinding serat dari bambu betung tipis yaitu 0,009 mm akan memudahkan serat untuk melembek dan menjadi pipih sehingga memberikan permukaan yang luas bagi terjadinya ikatan antar serat, akibatnya kekuatan tariknya tinggi (Casey 1980 dalam Fatriasari 2001; Widya dan Euis, 2008). Bambu betung memiliki nilai *slenderness* (Perbandingan antara diameter lumen dengan diameter serat) yang tinggi, sehingga sifat lentur serat akan semakin besar akibatnya pembentukan ikatan antar serat akan lebih baik. (Tamolang dan Wangaard 1961 dalam Ramdhani 1994).

**Tabel 2.2** *Mechanical Properties Dendrocalamus Asper* (Khalil, 2015)

Sifat	Nilai
Densitas	1.38 (g/cm <sup>3</sup> )
Diameter	366 $\mu$ m
<i>Tensile Strength</i>	639-813 Mpa
<i>Young's Modulus</i>	33 Gpa
<i>Elongation at Break</i>	2-7.5 %

Bambu betung memiliki prosentase zat terlarut dalam etanol benzena sebesar 0,91 % yang dengan kata lain sangat rendah. Akan tetapi prosentase zat terlarut dalam NaOH 1M tinggi yaitu sebesar 24,06 %. Zat terlarut dalam alkohol benzena antara lain resin, lemak, lilin dan tanin, sedangkan zat terlarut pada NaOH ialah

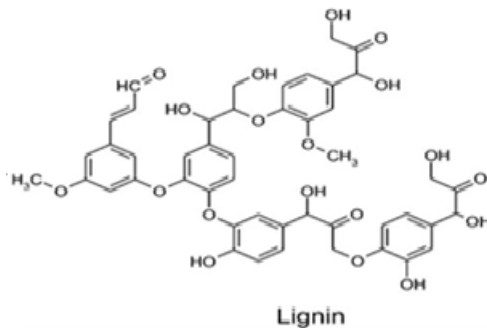
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

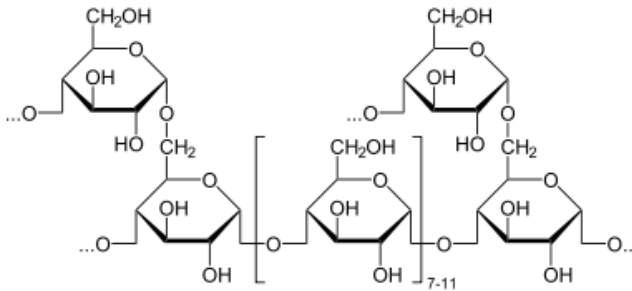


lignin, pentosan dan heksosan. Kehadiran zat ekstraktif yang berupa minyak dan lemak akan mengurangi kekuatan ikatan antar serat, memperbesar konsumsi alkali dan memperlambat delignifikasi (Widya dan Euis, 2008). Sedangkan kehadiran zat lignin mengakibatkan sifat kegetasan serta menyebabkan resin tidak meresap sepenuhnya pada serat bambu sehingga ikatan antara serat dan matriks tidak cukup kuat dan mempengaruhi kekuatannya ketika pengujian tarik dilakukan. (Arfie, 2010)

Kadar holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) pada Bambu Betung juga tinggi yaitu 74.0% dilihat dari gambar Tabel 2. 1. Selulosa yang tinggi mengindikasikan serat yang kuat, warna pulp lebih putih, relatif tahan terhadap bahan kimia dalam pemisahan dan pemurniannya serta tidak larut dalam pelarut organik netral dan air (Casey 1980 *dalam* Wardoyo 2001). Hemiselulosa yang tinggi menyebabkan serat bersifat lebih fleksibel yang penting dalam proses penggilingan, seratnya lebih mengambang dan plastis karena daya serap airnya tinggi. Serat yang plastis menyebabkan luas permukaan yang tinggi pada waktu pembentukan pulp (Widya dan Euis, 2008). Sedangkan untuk sifat mekanik dan fisik dari bambu betung dapat dilihat pada Tabel 2. 2.

Selulosa adalah polisakarida semi-kristal yang muncul di alam dalam bentuk serat dengan lebar mulai dari 5 sampai 20  $\mu\text{m}$  dan panjang di kisaran 0,5 hingga beberapa milimeter. Struktur kimia selulosa dan lignin dapat dilihat pada Gambar 2. 6.





**Gambar 2. 6** Struktur Kimia Lignin dan Selulosa (Shinoji, 2009).

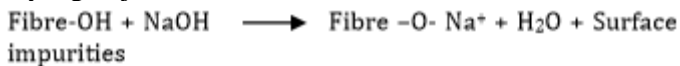
Untuk menghilangkan lignin atau mengurangi yang terkandung dalam serat bambu betung maka diperlukan proses delignifikasi. Proses delignifikasi bertujuan untuk melarutkan lignin dalam kayu sehingga mempermudah pemisahan lignin dengan serat, proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan kimia NaOH, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, selain itu juga menggunakan *bleaching* (pemutih) dengan menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan NaOCl.

Secara umum proses delignifikasi ada tiga cara antara lain dengan ekstraksi menggunakan air baik dengan radiasi ultrasonik maupun tanpa radiasi ultrasonik diikuti dengan ekstraksi alkali dan alkali peroksida. Selain itu juga terdapat ekstraksi asam natrium klorit diikuti dengan ekstraksi alkali, kemudian juga yang menggunakan asam asetat dan asam nitrat (Sun, 2004).

Proses alkalisasi bertujuan untuk menghilangkan lignin yang menempel pada selulosa sehingga hanya tersisa selulosa saja pada serat bambu betung. Proses alkalisasi berdasarkan dari prinsip mercerisasi dimana prinsip ini dapat menyebabkan pembengkakan serat selulosa. Derajat pembengkakan tergantung pada jenis alkali yang digunakan. Tipe alkali terbaik diketahui pada Na<sup>+</sup> dalam NaOH yang memiliki diameter yang paling baik, pada tipe alkali ini mampu memperlebar pori-pori terkecil di antara bidang kisi selulosa dan menembus batas maksimal sehingga memberikan tingkat pembengkakan paling tinggi. Hasil proses alkali dalam pembengkakan yang lebih tinggi dapat menyebabkan terbentuknya kisi selulosa yang baru, dan konversi dari kelompok gugus OH



selulosa menjadi kelompok gugus Ona, sehingga memperluas diameter molekuler. Selanjutnya pembilasan menggunakan air dilakukan untuk menghilangkan ion Na dan mengubahnya menjadi *crystalline* selulosa yang lebih tinggi (Teli, 2015). Berikut adalah reaksi yang terjadi antara fibre dan NaOH:



## 2. 3 Polypropylene

Plastik adalah polimer rantai-panjang atom yang mengikat satu samalain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, yang disebut monomer. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang. Plastik merupakan senyawa polimer dari turunan-turunan monomer hidrokarbon yang membentuk molekulmolekul dengan rantai panjang dari reaksi polimerisasi adisi atau polimerisasi kondensasi. Sifat-sifat plastik sangat tergantung dengan jumlah molekul dan susunan atom molekul.

Secara umum plastik digolongkan dalam dua kategori yaitu termoseting dan termoplastik. Termoseting adalah polimer yang berbentuk permanent (*irreversible*) setelah diproses, meskipun di bawah pengaruh panas dan tekanan. Setelah polimerisasi bahan-bahan termoset tetap stabil dan tidak dapat kembali ke bentuk awal, karena sudah membentuk ikatan tiga dimensi yang kokoh dan kuat. Contoh termoseting adalah phenolik, melamin, urea, alkid, dan epoksi. Termoplastik adalah bahan plastik yang sensitif terhadap panas, berwujud padat pada temperature ruang seperti kebanyakan logam. Pemberian panas pada termoplastik akan menyebabkan plastik melunak dan akhirnya meleleh menjadi cair. Contoh termoplastik adalah polyethylene, polypropylene, dan polystyrene. Polypropylene (PP) merupakan jenis polimer termoplastik yang sangat luas penggunaannya karena sangat mudah diproses dengan berbagai macam cara, antara lain proses cetakan, ekstrusi, film, dan serat. Beberapa sifat keunggulan polypropylene antara lain memiliki densitas yang rendah, tahan terhadap temperature tinggi

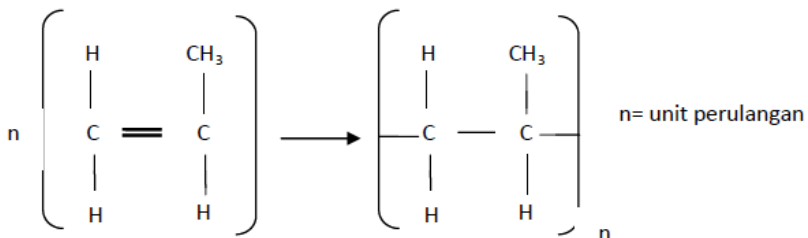


dibanding polyethylene, dan memiliki sifat mekanik yang baik. Polypropylene yang digunakan dalam penelitian ini adalah polypropylene jenis homopolimer. Sifat polypropylene dapat dilihat pada Tabel 2. 3 berikut:

**Tabel 2. 3** Sifat Polypropylene (Mochtar, 2007).

Sifat	Nilai
Kekuatan tarik	31 - 38 MPa
Modulus fleksural	1170 - 1730 MPa
Berat jenis	0.89 - 0.92 g/cm <sup>3</sup>
<i>Heat distortion temperature</i> , 455 kPa	107 - 121 °C
Temperatur transisi gelas	-35 to 26 °C
Temperatur leleh	160 - 170 °C
<i>Mold shrinkage</i>	0.015-0.025 cm/cm

Polypropylene sangat rentan terhadap sinar ultra violet dan oksidasi pada temperature tinggi. Senyawa ini dapat terdegradasi membentuk produk dengan berat molekul rendah. Perbaikan dapat dilakukan dengan menambahkan zat aditif yang digunakan dalam semua komponen polypropylene komersil (Beck, 1980). Umumnya polypropylene memiliki kekakuan (*stiffness*) tinggi, kuat tarik (*tensile strength*) tinggi, dan kekerasan (*hardness*) yang juga tinggi. Struktur molekul polypropylene dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2. 7** Struktur Kimia dari Polypropylene (Mochtar, 2007)



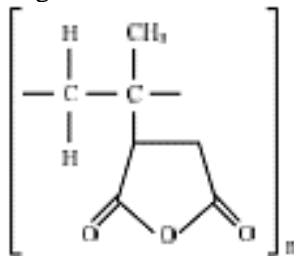


## 2.4 Maleic Anhydride-g-polypropylene (MAPP)

*Maleic Anhydride-g-polypropylene* (MAPP) adalah salah satu *compatibilizer* dalam pembuatan komposit. Material ini disintesis dengan cara mereaksikan *grafting polypropylene* ke *maleic anhydride* (MAH). Dengan adanya komponen maleic dapat meningkatkan berat molekul, dan kejenuhan dari material sehingga semakin memudahkan untuk membentuk film dengan gaya adhesi yang lebih baik (coheren). Maleic juga dapat meningkatkan sifat mekanik material, seperti meningkatkan ketahanan impak, meningkatkan fleksibilitas, dan meningkatkan ketahanan material terhadap goresan kekerasan. Biasanya maleic anhydride dikenal untuk memperkuat gaya adhesi dua molekul yang berbeda.

*Grafting maleic anhydride* ke dalam *polypropylene* saat ini adalah daya tarik utama di dalam industri dan pantas untuk dipertimbangkan dan dikembangkan, karena dapat menghasilkan kompatibilitas dan meningkatkan reaktivitas. Faktanya dengan dua tipe dari *grafted* polimer telah banyak digunakan untuk memperbaiki gaya adhesi antara dua komponen yang berbeda dalam campuran polymer. Gambar 2.8 menunjukkan struktur kimia dari MAPP (Nasution, 2015).

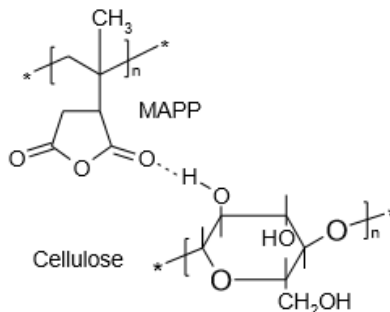
Penggunaan *coupling agent* merubah permukaan penguat menjadi *hydrophobic* sehingga mampu mengikat *polymer* dengan baik. Terbentuknya ikatan antara gugus hidroksil pada serat alam dan *silanyl* pada matrik dan kelompok *alkoxyl coupling agent* mengakibatkan ikatan pada permukaan serat dan matrik meningkat dan menunjukkan peningkatan kekerasan serta kekuatan.



**Gambar 2.8** Struktur Kimia MAPP (Nasution, 2015).



MAPP *coupling agent* bekerja pada interface antara bagian anorganik dan bahan organik untuk mengikat atau menggabungkan dua material yang tidak sama tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi ikatan adalah perpindahan air ke permukaan hidrofilik. Air yang masuk *interface* kedua zat merusak ikatan antara polimer dan penguatnya tetapi sebuah coupling agent menciptakan sebuah ikatan antar anti air bahan anorganik dan organik. MAPP *coupling agent* memiliki sifat fisik dan kimia yang tidak hanya meningkatkan kekuatan ikatan tetapi juga mencegah de-bonding antarmuka selama komposit digunakan. Unsur memiliki sifat alami yaitu dapat berikatan dengan unsur lain yang memiliki kutub (*polar*) yang sejenis, sehingga pada Gambar 2.9 menunjukkan pembentukan ikatan hidrogen antara MAPP dengan selulosa (Prasetyo, 2013).



**Gambar 2.9** Pembentukan Ikatan Hidrogen antara MAPP dan Selulosa (Zamri, 2012).

## 2.5 Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. Material akustik adalah suatu bahan yang dapat menyerap energi suara yang datang dari sumber suara. Material penyerap suara menyerap energi suara yang melewatinya membuatnya sangat berguna untuk mengontrol kebisingan. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi



suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. Energi suara tersebut dikonversi menjadi energi panas, yang merupakan hasil dari friksi dan resistansi dari berbagai material untuk bergerak dan berdeformasi. Sama halnya dengan besar energi suara yang sangat kecil bila dilihat dalam satuan Watt, energi panas yang dihasilkan juga sangat kecil sehingga secara makroskopis tidak akan terlalu terasa perubahan temperatur pada bahan tersebut.

Menurut Lewis dan Douglas dalam Himawanto (2007) material akustik dapat dibagi ke dalam tiga kategori dasar, yaitu material penyerap (*absorbing material*), material penghalang (*barrier material*), material peredam (*damping material*). Material penghalang pada dasarnya memiliki massa yang padat, untuk material peredam biasanya adalah lapisan yang tipis untuk melapisi benda. Lapisan tersebut biasanya adalah plastik, polimer, *epoxy*, dan lain-lain. Sedangkan untuk material penyerap, biasanya berpori (*porous*) dan berserat (*vibrous*). Pada material penyerap suara, energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (*vibrasi*) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserat.

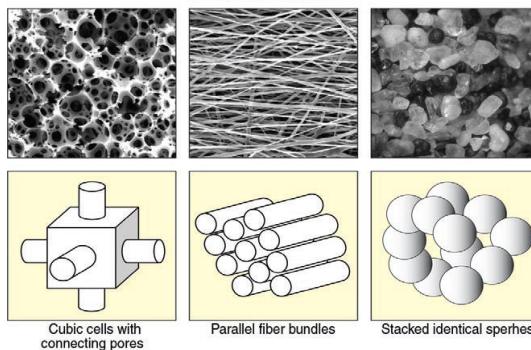
Ketika suara menumbuk material yang berserat, maka gelombang akan diserap kedalam material dan gelombang akan menjalar melewati celah diantara serat-serat sehingga gelombang suara yang keluar dari material akan berkurang. Sementara ketika gelombang suara memasuki material berpori, gelombang akan menyebar didalam porinya.

Bahan-bahan akustik yang tergolong sebagai bahan penyerap suara antara lain adalah *glass wool*, *rock wool*, *soft board*, *carpet*, kain, busa, *acoustic tiles*, *resonator*, dan lain-lain. Penyerap jenis berserat adalah penyerap yang paling banyak dijumpai, sebagai contoh jenis selimut mineral *wool* (*rockwool* atau *glasswool*). Penyerap jenis ini mampu menyerap bunyi dalam jangkauan frekuensi yang lebar dan lebih disukai karena tidak



mudah terbakar. Namun kelemahannya terletak pada model permukaan yang berserat sehingga harus digunakan dengan hati-hati agar lapisan serat tidak rusak/cacat dan kemungkinan terlepasnya serat-serat halus ke udara karena usia pemakaian. Penyerap dari bahan berserat dipasarkan dari berbagai ketebalan dan kerapatan sehingga yang paling sesuai dengan frekuensi bunyi yang hendak diserap. Sebagai gambaran umum untuk menyerap bunyi frekuensi rendah diperlukan penyerap berserat dalam ketebalan yang lebih bila dibandingkan dengan untuk menyerap suara berfrekuensi tinggi. Sebagai contoh bila untuk suara berfrekuensi tinggi dibutuhkan ketebalan 30 mm, maka untuk frekuensi rendah dibutuhkan ketebalan 75 mm sampai dengan 100 mm (Mediastika, 2009).

Material penyerap berpori dapat diklasifikasikan sebagai selular, serat, dan granular pada konfigurasi mikroskopisnya. Material ini terdiri dari lubang kecil sebagai jalan masuknya gelombang suara. Sel Polyurethane dan foam adalah salah satu jenis dari material selular. Sementara material serat biasanya terdiri dari serat alami dan serat sintetis. Dan contoh dari granular material yaitu asphalt, tanah liat, pasir, tanah dan sebagainya. (Jorge P. Arenas dan Malcolm J. Crocker, 2010). Berikut Gambar 2.10 mengenai klasifikasi material penyerap berpori yang dibagi menjadi tiga yaitu, selular, serat dan granular.



**Gambar 2. 10** Tipe material Penyerap Suara (Arenas, 2010)



## 2.6 Koefisien Serap Bunyi

Kemampuan suatu material untuk menyerap bunyi sangat bervariasi. Besarnya penyerapan bunyi ketika gelombang bunyi menumbuk material penyerap dinyatakan dengan koefisien serap bunyi ( $\alpha$ ). Selain itu kemampuan tersebut juga bergantung pada struktur dan massa jenis material. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar  $\alpha$  maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap. Sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada Tabel 2. 4.

**Tabel 2. 4** Koefisien Penyerapan Bunyi dari Material Akustik (Doelle, 1993)

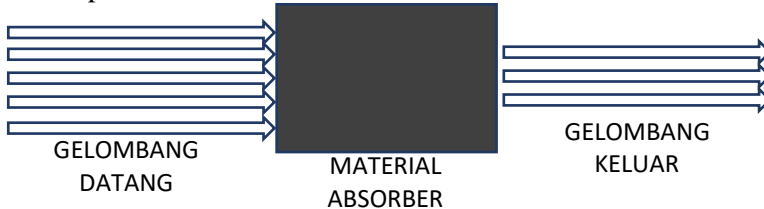
Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
<i>Tegel geocoustic</i> (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak dihaluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
<i>Steel deck</i> (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40

Proses pemindahan daya bunyi dari suatu ruang tertentu, dalam mengurangi tingkat tekanan bunyi dalam volume tertentu, dikenal sebagai penyerapan bunyi. Proses ini berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel. Bagian energi terserap ketika gelombang bunyi dipantulkan darinya disebut dengan koefisien serap bunyi dari material.

Proses penyerapan bunyi dari suatu material terjadi ketika gelombang bunyi menumbuk material tersebut. Kemudian



beberapa gelombang akan diserap dan yang lain diteruskan melewati material tersebut. Skema proses penyerapan bunyi dapat dilihat pada Gambar 2. 11.



**Gambar 2. 11** Skema Penyerapan Suara oleh Material Absorber (Mediastika, 2009).

Nilai absorpsivitas suara dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\alpha = \frac{W_a}{W_i} \quad (2.1)$$

Sementara,

$$W_a = W_i - W_o \quad (2.2)$$

Sehingga

$$\alpha = \frac{W_i - W_o}{W_i} \quad (2.3)$$

Dimana,  $W_a$  adalah daya suara yang diserap dengan satuan dB.  $W_i$  adalah daya suara yang tiba pada permukaan bahan dengan satuan dB.  $W_o$  adalah daya suara yang keluar dari permukaan bahan dengan satuan dB.  $\alpha$  adalah nilai absorpsi suara.

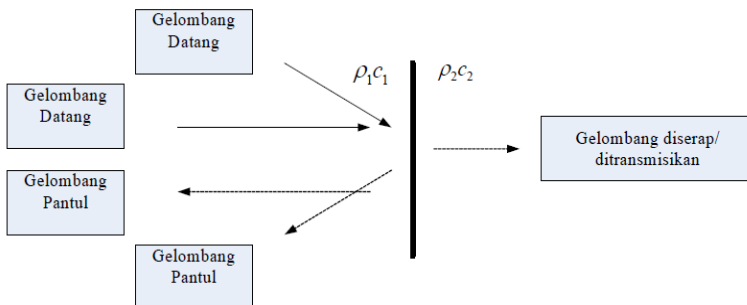
Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti Gambar 2.11), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan ( $R$ ) dan diserap/ditransmisikan ( $\alpha$ ) dan kemungkinan yang terjadi adalah:

1. Dipantulkan semua ( $R = 1$ ), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi  $R = 1$  atau koefisien pantul ( $R$ ) adalah 1.



2. Ditransmisikan/diserap semua ( $\alpha = 1$ ), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi  $\alpha = 1$  atau koefisien serap ( $\alpha$ ) adalah 1.
3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ( $0 < \alpha < 1$ ).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material dengan sifat impedansi  $\rho_1 c_1$  dan  $\rho_2 c_2$  seperti pada gambar 2.6, dimana  $\rho$  adalah massa jenis material dan  $c$  adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika  $\rho_1 c_1$  lebih kecil dari  $\rho_2 c_2$  kemudian energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika  $\rho_1 c_1$  lebih besar dari  $\rho_2 c_2$  dan energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika  $\rho_1 c_1$  sama besar dengan  $\rho_2 c_2$  dan energi yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap. Skema ini dapat dilihat melalui Gambar 2. 12.



**Gambar 2.12** Pemantulan dan Penyerapan Bunyi dari Media Akustik (Mediastika, 2009)

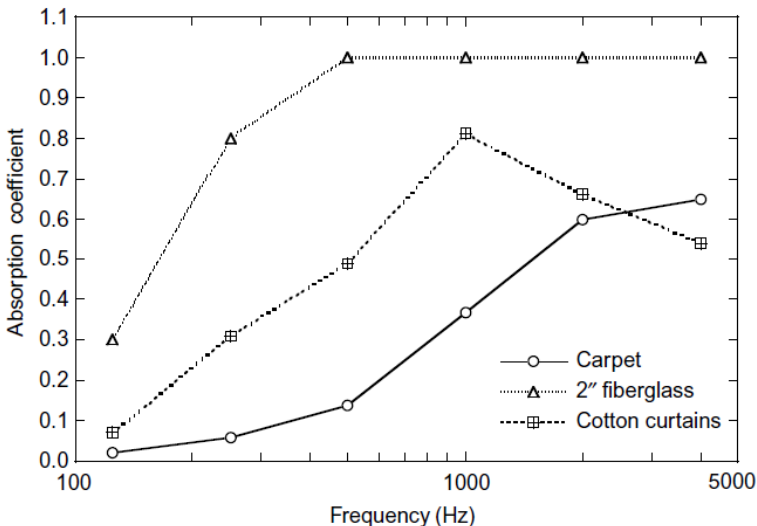


Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

1.  $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$  akan dipantulkan
2.  $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$  akan diserap
3.  $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$  akan diserap dan dipantulkan

## 2.7 Bahan Absorpsi Suara

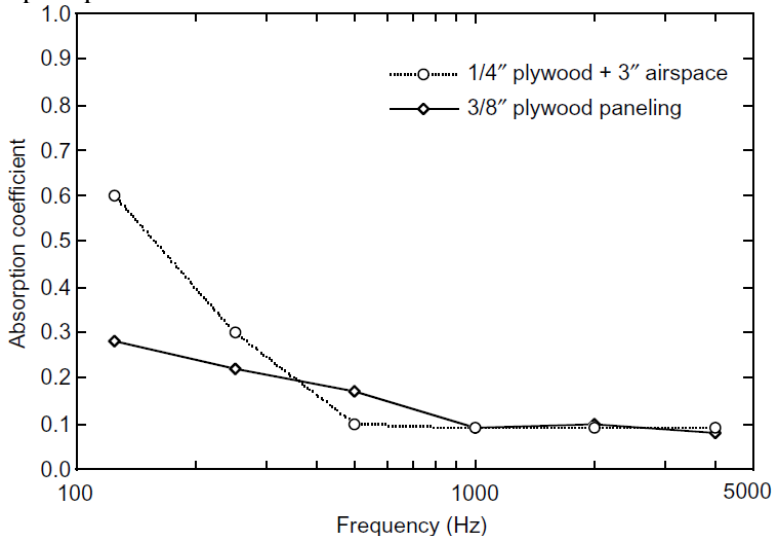
Sementara itu, menurut Howard (2009), jika ditinjau dari karakteristik penyerapan suara, ada 4 jenis material absorbs suara yaitu *porous absorber*, *resonant absorber*, *helmholtz absorber* dan *wideband absorber*. Bahan berpori seperti karpet, korden, *foam*, *glasswool*, *rockwool*, *cellulose fibre*, dan material lunak lainnya, menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya. Bahan penyerap suara tipe ini akan menyerap energi suara lebih besar di frekuensi tinggi. Tipikal kurva karakteristik penyerapan energi suaranya sebagai fungsi frekuensi, dapat dilihat pada Gambar 2. 13.



**Gambar 2. 13** Karakteristik Penyerapan Suara *Porous Absorber*  
(Howard, 2009)



Bahan penyerap suara tipe resonansi seperti panel kayu tipis, menyerap energi suara dengan cara mengubah energi suara yang datang menjadi getaran, yang kemudian diubah menjadi energi gesek oleh material berpori yang ada di dalamnya (misal oleh udara, atau material berpori). Ini berarti, material tipe ini lebih sensitif terhadap komponen tekanan dari gelombang suara yang datang, sehingga lebih efektif apabila ditempelkan pada dinding. Bahan penyerap tipe ini lebih dominan menyerap energi suara berfrekuensi rendah. Frekuensi resonansi bahan ini ditentukan oleh kerapatan massa dari panel dan kedalaman (tebal) rongga udara dibaliknya. Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe ini adalah seperti pada Gambar 2. 14.

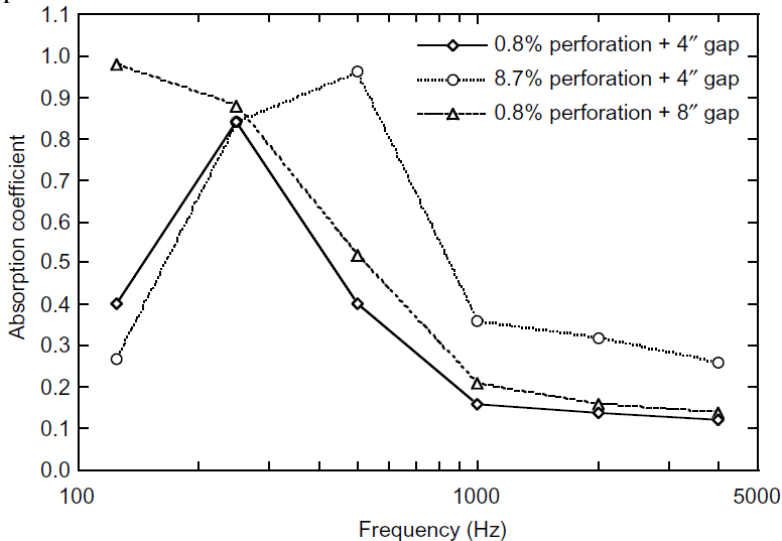


**Gambar 2. 14** Karakteristik Penyerapan Suara *Resonant Absorber* (Howard, 2009)

Tipe lain dari bahan penyerap suara ini adalah apa yang disebut sebagai Resonator Helmholtz. Efektifitas bahan penyerap suara tipe ini ditentukan oleh adanya udara yang terperangkap di “pipa atau leher” diatas bidang berisi udara (bentukan seperti leher botol dsb). Permukaan berlobang seperti *reactive muffler* menjadi

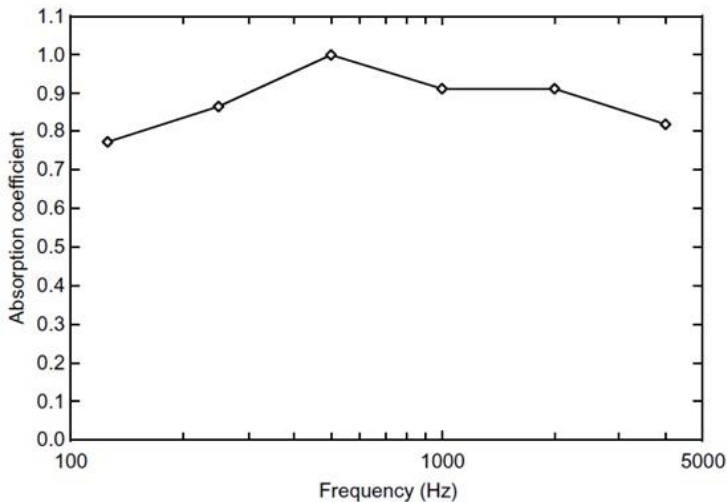


ciri utama resonator yang bekerja pada frekuensi tertentu, tergantung pada ukuran lubang, leher, dan volume ruang udaranya. Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe ini adalah seperti pada Gambar 2. 15.



**Gambar 2. 15** Karakteristik Penyerapan Suara *Helmholtz Absorber* (Howard, 2009)

Apabila diinginkan sebuah dinding yang memiliki frekuensi kerja yang lebar (rendah, menengah, dan tinggi), maka harus digunakan gabungan ketiga bahan penyerap suara tersebut. Kombinasi antara proses gesekan dari komponen kecepatan gelombang suara dan resonansi dari komponen tekanan gelombang suara, akan membuat kinerja penyerapan energi suara oleh dinding atau partisi besar untuk seluruh daerah frekuensi. Material seperti ini disebut *wideband absorber*. Tipikal respon frekuensi bahan penyerap tipe ini adalah seperti pada Gambar 2. 16.



**Gambar 2. 16** Karakteristik Penyerapan Suara *Wideband Absorber* (Howard, 2009)

## 2.8 Analisis Termal *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)

*Differential Scanning Calorimetry* (DSC) adalah suatu teknik analisis termal yang mengukur energi yang diserap atau diemisikan oleh sampel sebagai fungsi waktu atau temperature. Ketika transisi termal terjadi pada sampel, DSC memberikan pengukuran kalorimetri dari energi transisi dari temperature tertentu.

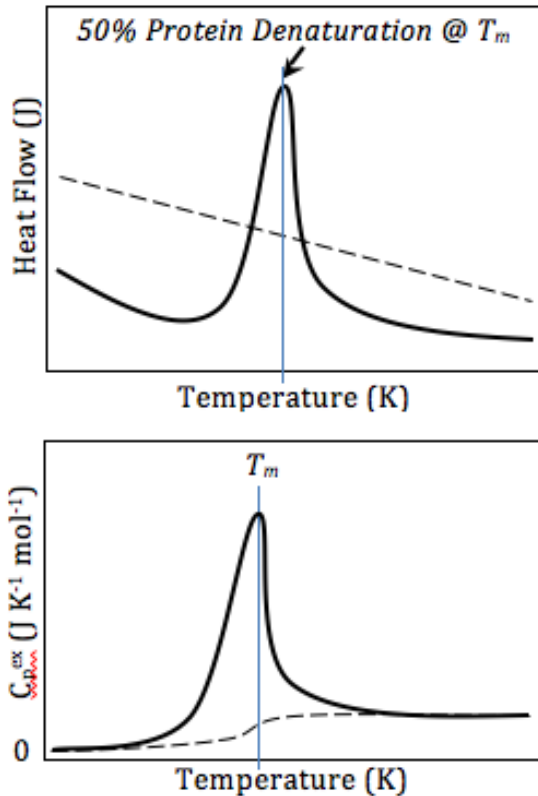
Prinsip kerjanya sangat sederhana dimana satu pan diisi dengan sampel uji, sedangkan pan yang lain diisi dengan material pembanding yang diukur ketika sampel dan pembanding dipanaskan dengan pemanasan yang beragam. Perbedaan temperature antara sampel dan zat pembanding yang lembam (inert) akan teramati apabila terjadi perubahan dalam sampel yang melibatkan panas seperti reaksi kimia, perubahan fase atau perubahan struktur. Jika  $\Delta H$  (-) maka temperature sampel akan lebih rendah daripada temperature pembanding, sedangkan jika  $\Delta H$  (+) maka temperature sampel akan lebih besar daripada



temperature zat pembanding. Perubahan kalor setara dengan perubahan entalpi pada tekanan konstan.

Prinsip dasar yang mendasari teknik ini adalah, bila sampel mengalami transformasi fisik seperti transisi fase, lebih (atau kurang) panas harus mengalir ke pembanding untuk mempertahankan keduanya pada temperature yang sama. Lebih atau kurang panas yang harus mengalir ke sampel tergantung pada apakah proses ini eksotermik atau endotermik. Misalnya, sebagai sampel padat meleleh, cairan itu akan memerlukan lebih banyak panas mengalir ke sampel untuk meningkatkan temperature pada tingkat yang sama sebagai acuan. Hal ini disebabkan penyerapan panas oleh sampel karena mengalami transisi fase endotermik dari padat menjadi cair. Demikian juga, sampel ini mengalami proses eksotermik (seperti kristalisasi), panas yang lebih sedikit diperlukan untuk menaikkan temperature sampel. Dengan mengamati perbedaan aliran panas antara sampel dan pembanding, diferensial scanning kalorimeter mampu mengukur jumlah panas yang diserap atau dilepaskan selama transisi tersebut.

Data yang diperoleh dari analisis DSC dapat digunakan untuk mempelajari kalor reaksi, kinetika, kapasitas kalor, transisi fase, kestabilan termal, kemurnian, komposisi sampel, titik kritis, dan diagram fase. Termogram hasil analisis DSC dari suatu bahan polimer akan memberikan informasi titik transisi kaca ( $T_g$ ), yaitu temperature pada saat polimer berubah dari bersifat kaca menjadi seperti karet, titik kristalisasi ( $T_c$ ), yaitu pada saat polimer berbentuk kristal, titik leleh ( $T_m$ ), yaitu saat polimer berwujud cairan, dan titik dekomposisi ( $T_d$ ), yaitu saat polimer mulai rusak (Klančnik G., 2009).



**Gambar 2.17** Kurva DSC skematik dari jumlah energi masuk (y) yang diperlukan untuk menjaga setiap temperatur (x), dipindai pada berbagai suhu. Bawah: kurva normal yang mengatur kapasitas panas awal sebagai referensi (Klančnik G., 2009).

## 2.9 Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metoda pembuatan material komposit terdiri dari atas dua cara, yaitu :

1. Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*)
  - a) *Contact Molding/ Hand Lay Up*

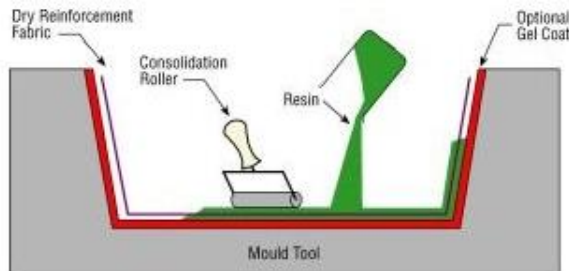


Hand lay-up adalah metoda yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metoda ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.

Kelebihan penggunaan metoda ini:

- Mudah dilakukan
- Cocok di gunakan untuk komponen yang besar
- Volumennya rendah

Pada metoda hand lay up ini resin yang paling banyak di gunakan adalah polyester dan epoxies. Proses ini dapat kita lihat pada Gambar 2.18



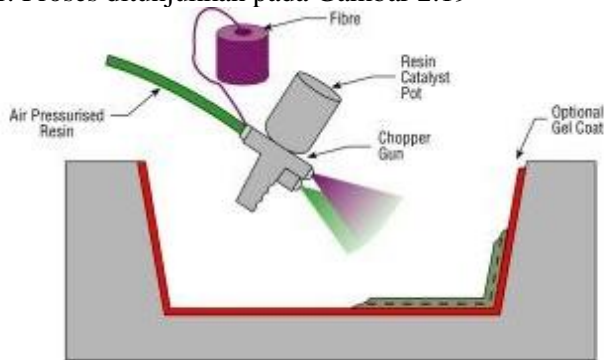
**Gambar 2.18** Proses *Hand Lay Up* (David, 2010).

#### b) Spray-Up

Spray-up merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks ekonomis dari hand lay-up.

Proses spray-up dilakukan dengan cara penyemprotan serat (fibre) yang telah melewati tempat pemotongan (chopper). Sementara resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan. Wadah tempat pencetakan spray-up telah disiapkan sebelumnya. Setelah itu proses selanjutnya

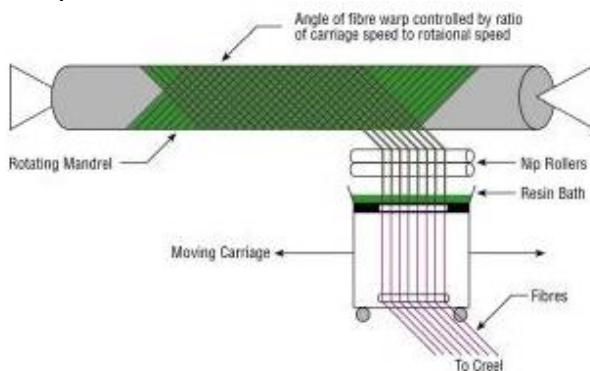
adalah dengan embiarkannya mengeras pada kondisi atmosfer standar. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.19



**Gambar 2.19** Proses Spray-Up (David, 2010).

c) Filament Winding

Fiber tipe roving atau single strand dilewatkan melalui wadah yang berisi resin, kemudian fiber tersebut akan diputar sekeliling mandrel yang sedang bergerak dua arah, arah radial dan arah tangensial. Proses ini dilakukan berulang, sehingga cara ini didapatkan lapisan serat dan fiber sesuai dengan yang diinginkan. Resin termoseting yang biasa di gunakan pada proses ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.20



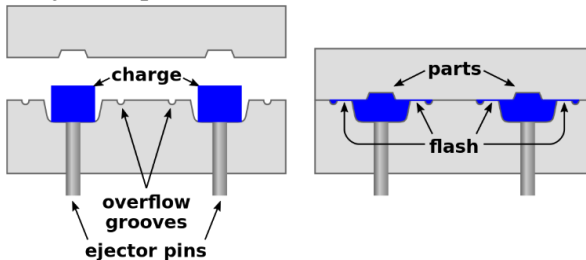
**Gambar 2.20** Proses *Filament Winding* (David, 2010).



## 2. Proses Cetakan Tertutup (*Closed mold Processes*)

### a) Proses Cetakan Tekan (*Compression Molding*)

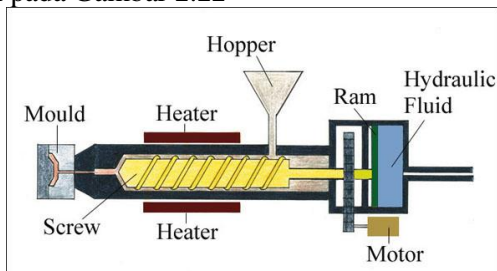
Proses cetakan ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. *Fiber* yang telah dicampur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin termoset khas yang digunakan dalam proses cetak tekan ini adalah poliester, vinil ester, epoxies, dan fenolat. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.21.



**Gambar 2.21** Proses *Compression Molding* (Faisal, 2011)

### b). *Injection Molding*

Metoda *injection molding* juga dikenal sebagai reaksi pencetakan cairan atau pelapisan tekanan tinggi. *Fiber* dan resin dimasukkan kedalam rongga cetakan bagian atas, kondisi temperature dijaga supaya tetap dapat mencairkan resin. Resin cair beserta *fiber* akan mengalir ke bagian bawah, kemudian injeksi dilakukan oleh mandrel ke arah nozel menuju cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.22

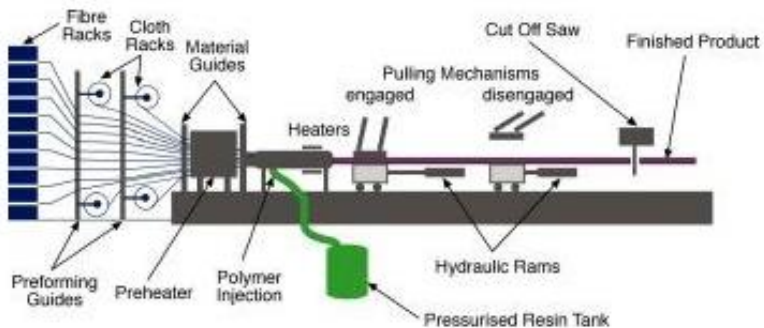


**Gambar 2.22** Proses *Injection Molding* (Faisal, 2011)



c). *Continuous Pultrusion*

Fiber jenis *roving* dilewatkan melalui wadah berisi resin, kemudian secara kontinu dilewatkan ke cetakan pra cetak dan diawetkan (*cure*), kemudian dilakukan pengerolan sesuai dengan dimensi yang diinginkan. Atau juga bisa disebut sebagai penarikan serat dari suatu jaring atau *creel* melalui bak resin, kemudian dilewatkan pada cetakan yang telah dipanaskan. Fungsi dari cetakan tersebut ialah mengontrol kandungan resin, melengkapi pengisian serat, dan mengeraskan bahan menjadi bentuk akhir setelah melewati cetakan. Proses ditunjukkan pada Gambar 2.23



**Gambar 2.23** Proses *Countiuous Pultrusion* (David, 2010).

## 2.10 Aplikasi Komposit Pada Ruang Mesin Otomotif

Kebisingan pada kabin kendaraan banyak disebabkan oleh beberapa sumber, seperti suara getaran mesin, suara roda, lalu lintas luar, knalpot, bahkan angin. Hal tersebut sangat mengganggu kenyamanan pengendara di dalam kabin kendaraan (Kiran, 2005). Dalam dunia otomotif sekarang banyak digunakan pula material komposit pengganti logam. Dalam hal ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu, komponen *body*, *chasis* dan bagian mesin. Secara umum banyak diaplikasikan pada *door panel* dengan *fiberglass* dan juga matriksnya yaitu *polyester resin*. Proses pembuatannya menggunakan *sheet molding compound (SMC)* atau *compression molding*. Tidak hanya untuk membuat *door panel*, tetapi SMC ini digunakan untuk membuat *dashboard*, bumper mobil, kap mobil.



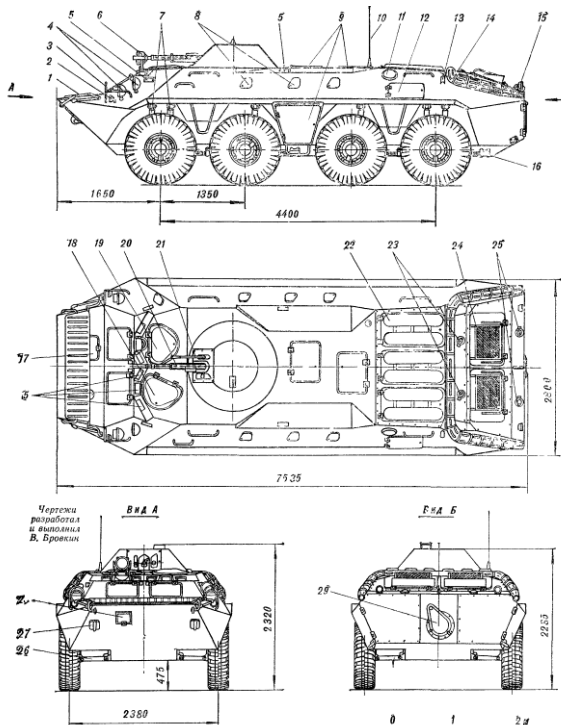
Selain itu juga penggunaan material komposit bisa mengurangi penggunaan logam yang makin mahal. Selain itu keuntungan dari penggunaan material komposit ini terletak pada bahannya yang mudah didapat apalagi diaplikasikan untuk dunia otomotif. Tidak hanya bagian interior, bagian *suspension*, *engine block*, dan *gearbox* pun juga dibuat dari bahan bermaterial komposit. Di bawah ini adalah bagian ruang mesin pada Panzer Anoa 6x6 *Armored Personnel Carrier (APC)* seperti pada **Gambar 2.24**



**Gambar 2.24** Ruang Mesin Panzer Anoa (Ismail, 2013).

Untuk mengurangi kebisingan dari mesin otomotif dapat menggunakan komposit dengan serat alam dan polimer sebagai matriksnya. Elliott H. Berger, dkk. pada *Noise Navigator Sound Level Database with 1700 Measurement Values* tahun 2015 mengatakan bahwa kendaraan dengan tipe *Armored Personnel Carrier (APC)* memiliki *sound pressure level* sebesar 109-118 dBA yang terdeteksi di dalam kendaraan tersebut.

Setiap negara memiliki kendaraan dengan tipe *Armored Personnel Carrier (APC)* yang memiliki keunggulan masing-masing dan bentuk serta ukurannya masing-masing. Seperti pada kendaraan APC milik Rusia BTR-70 memiliki panjang 7.535 m dan lebar 2.80, serta berat 11.5 ton. Pada Gambar 2.25 menunjukkan dimensi dari BTR-70



**Gambar 2.25** Dimensi dari BTR-70 (Boyd, 2008)

## 2.11 Penelitian Terdahulu Komposit Serat Alam

Telah banyak pengujian mengenai pengaplikasian komposit dengan menggunakan serat alam sebagai material penyerap suara. Menurut Alldi dan Farid (2015), komposit serat tebu dan bambu betung dengan (30% Gypsum) mempunyai kemampuan penyerapan suara yang berbeda-beda pada frekuensi tertentu. Pada frekuensi rendah nilai  $\alpha$  (koefisien absorpsi) nya sebesar 0,154 pada frekuensi 125 Hz, namun menurun pada frekuensi 160 Hz dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0,154. Akan tetapi pada frekuensi selanjutnya 200, 250, 315, 400 sampai 630 Hz nilai  $\alpha$  nya terus meningkat sampai 0,36. Pada rentang frekuensi sedang antara 800 sampai 2000 Hz nilai  $\alpha$  nya terus mengalami kenaikan sampai



nilai 0,406. Sedangkan pada rentang frekuensi tinggi 2000 Hz sampai 4000 Hz kemampuan menyerap suaranya sangat baik dengan peningkatan nilai  $\alpha$  sampai 0,444 sehingga kemampuan penyerapan terbaik ada pada frekuensi 4000 Hz dengan nilai  $\alpha$  tertinggi.

Semakin besar nilai dari koefisien absorpsi suara suatu material bukan berarti bahwa material tersebut bagus karena tergantung pada kegunaannya. (Suban dan Farid, 2015).

Farid, dkk (2015) mendapatkan kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekuensi 125 Hz untuk material poliester berpenguat serat rami dan pada frekuensi menengah 1000 Hz untuk material poliester berpenguat serat bambu.

Komposisi pada pembuatan spesimen komposit sangat mempengaruhi dari hasil nilai koefisien absorpsi suara. Pengaruh dari serat yang ditambahkan pada material komposit bermatriks gypsum akan menghasilkan nilai koefisien absorpsi yang berbeda. Hal ini dikarenakan serat terdiri dari beberapa serat halus yang apabila dilihat dari mikroskop optik terlihat bahwa serat tersebut memiliki pori-pori yang mampu menampung suara. Selain itu, ikatan fisis antara serat sebagai penguat dan matriks gypsum juga akan membentuk rongga-rongga halus yang akan menampung suara yang diterima oleh spesimen komposit. (Farid dan Agung, 2015).

Menurut Farid dan Afira (2017), ukuran *filler* menyebabkan perubahan jumlah dan bentuk pori pada *Silicone Rubber*. Ukuran *filler* menyebabkan rata-rata nilai turun. Nilai  $\alpha$  tertinggi pada frekuensi 4000 Hz ada pada *Silicone Rubber* poros murni, yaitu sebesar 0,431. Penambahan fraksi berat merubah bentuk dan jumlah pori, pori teratur dengan jumlah besar ada pada *Silicone Rubber* poros murni. Semakin besar fraksi berat mikro selulosa menyebabkan penurunan nilai koefisien absorpsi suara. Sedangkan penambahan *filler* nano selulosa akan menyebabkan penurunan nilai  $\alpha$  pada fraksi 2% dan 4% akan tetapi mencapai nilai  $\alpha$  tertinggi pada 6% berat dengan nilai  $\alpha$  pada frekuensi 4000



Hz sebesar 0,425. Menurut Farid dan Zulhemi (2017), Nilai koefisien absorpsi suara tertinggi terdapat pada komposit *Porous 100% Silicone Rubber* sebesar 0.44 pada frekuensi 4000 Hz dalam komposit *silicone rubber* berpenguat serat cangkang kelapa sawit. Namun penurunan nilai koefisien absorpsi suara terjadi seiring penambahan filler serat cangkang kelapa sawit.

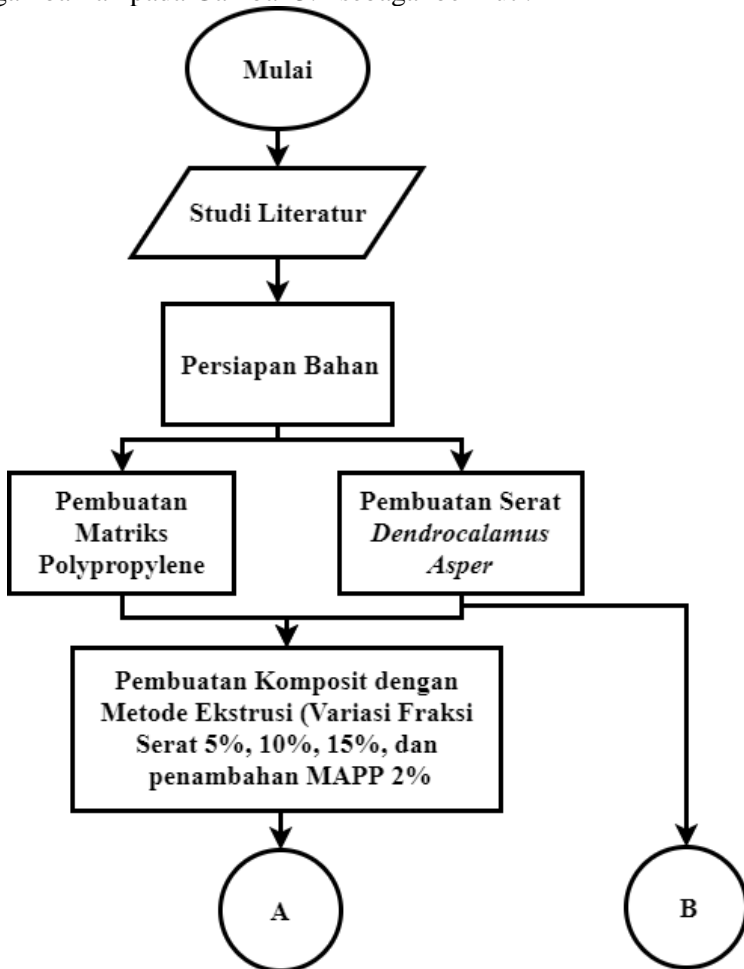


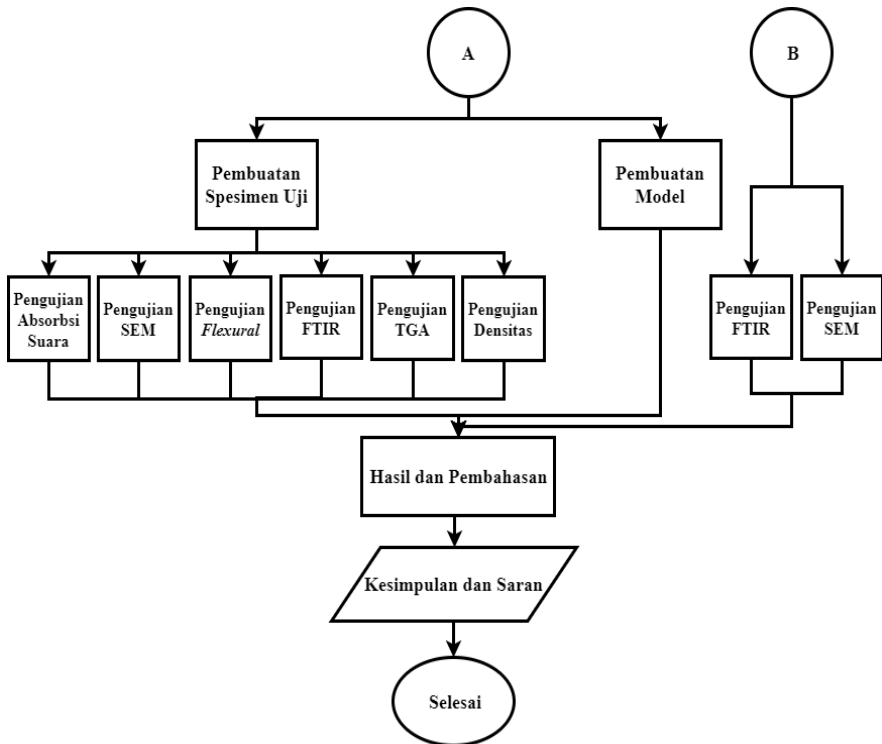
*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

### BAB III METODOLOGI

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut :





**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian





### 3.1.1 Diagram Alir Pembuatan Serat Mikro Selulosa

Pembuatan serat mikro selulosa dapat digambarkan pada Gambar 3. 2 sebagai berikut:

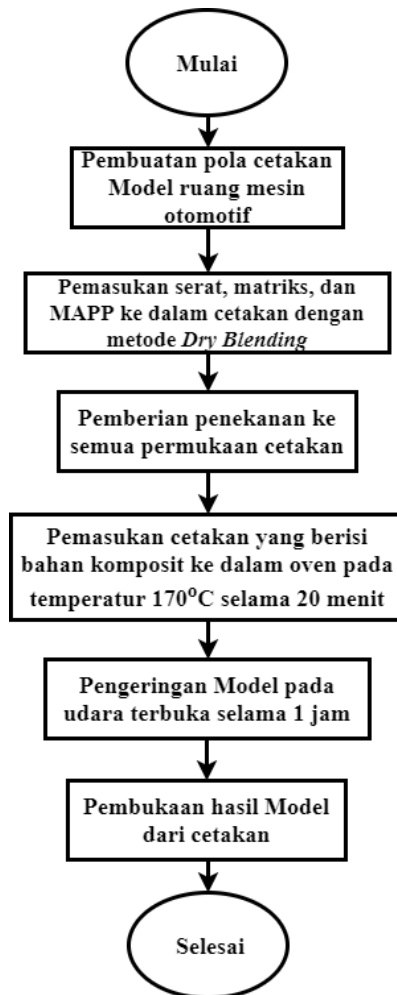


**Gambar 3. 2** Diagram Alir Pembuatan Serat Mikro Selulosa



### 3.1.2 Diagram Alir Pembuatan Model

Pembuatan model dapat digambarkan pada Gambar 3.3 sebagai berikut :



**Gambar 3. 3** Diagram Alir Pembuatan model.



### **3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian**

#### **3.2.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Serat Bambu



**Gambar 3. 4** Serat Bambu Betung

2. Polyplopylene pellet



**Gambar 3. 5** Polypropylene pelet

3. Aquades



**Gambar 3. 6** Aquades



#### 4. Sodium Hidroksida/NaOH



**Gambar 3. 7 NaOH**

#### 5. Maleic Anhydride-grafted-Polypropylene



**Gambar 3.8 Maleic Anhydride-grafted-Polypropylene**

#### 3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Blender

Digunakan untuk menghaluskan serat bambu betung.

2. Mesin sieving

Mesin sieving yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material milik Departemen Teknik Material ITS



**Gambar 3. 9 Alat Sieving**

3. *Hot Plate dan Magnetic Stirrer*

*Hot plate dan magnetic stirrer* yang digunakan milik Laboratorium Inovasi Material milik Departemen Teknik Material ITS.



**Gambar 3. 10** *Hot Plate dan Magnetic Stirrer*

4. Cetakan Spesimen

Cetakan spesimen digunakan untuk mencetak spesimen komposit yang akan dibentuk. Cetakan ini dilapisi aluminium foil pada dinding dan dasarnya nya untuk mencegah spesimen keluar melaui lubang-lubang di bagian bawah dinding cetakan.



**Gambar 3. 11** Cetakan Spesimen Uji Absorpsi Suara



5. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang serat dan serbuk polypropylene yang akan digunakan



**Gambar 3. 12** Timbangan Digital

6. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong spesimen sesuai dimensi yang diinginkan

7. Penggaris

Penggaris digunakan untuk dimensi spesimen.

8. Oven

Oven yang digunakan milik laboratorium Material Inovatif di Departemen Teknik Material ITS.

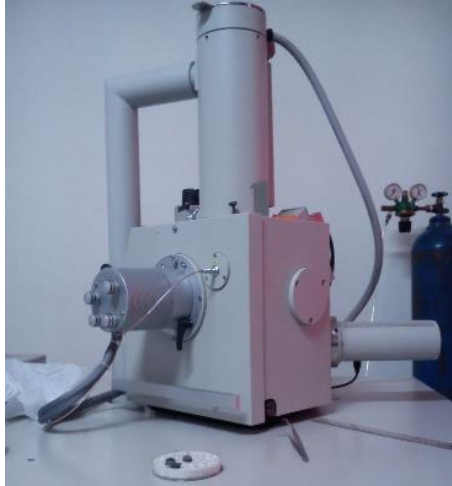


**Gambar 3. 13** Oven



9. Alat Uji SEM

Mesin Uji SEM yang digunakan milik Laboratorium Karakterisasi Material di Departemen Teknik Material ITS



**Gambar 3. 14** Alat Uji SEM

10. Alat Uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Alat uji FTIR yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material ITS



**Gambar 3. 15** Alat Uji FTIR



### 11. Alat Uji Absorpsi Suara

Mesin Uji Absorpsi Suara milik laboratorium Akustik Material di Departemen Teknik Fisika ITS



**Gambar 3. 16** Alat Uji Absorpsi Suara

### 12. Alat Uji Flexural

Alat uji flexural yang digunakan milik Laboratorium Universitas Airlangga



**Gambar 3. 17** Alat Uji Flexural



### 13. Alat Uji *Thermal Gravimetri Analysis* (TGA)

Alat Uji TGA yang digunakan milik Laboratorium Terpadu FMIPA Universitas Negeri Surabaya.



**Gambar 3. 18** Alat Uji TGA

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan fraksi berat serat masing-masing komposisi sebesar 5%, 10%, dan 15%, serta penambahan MAPP untuk masing-masing komposisi serat tersebut dengan komposisi sebesar 2%.

### 3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan:

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian

No.	Spesimen Uji			Pengujian					
	PP	Serat Bambu	MAPP	SEM	FTIR	$\alpha$	$\rho$	Uji <i>flexural</i>	TGA
1	0 %	100 %	0 %	v	v	-	-	-	-
2	88 %	10 %	2 %	-	v	v	v	v	v
3	83 %	15 %	2 %	-	v	v	v	v	v
4	78 %	20 %	2 %	v	v	v	v	v	v
5	100 %	0 %	0 %	v	v	v	v	v	v



### 3.5 Metode Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini sangat penting untuk dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang kita lakukan.

##### 3.5.1.1 Pengolahan Serat Bambu Betung

1. Serat bambu dibersihkan dari pengotor dengan air bersih.
2. Serat yang telah kering di perhalus dengan mesin pencacah organic.
3. Serat di meshing untuk didapatkan ukuran yang homogen sebesar 280-900 mikron mesh.
4. Serat bambu yang telah berukuran mikro, kemudian dilakukan proses alkalisasi dengan direndam dalam NaOH 2% selama 2 jam dengan *macnetic stirrer* untuk mengurangi kandungan ligninnya.



**Gambar 3.19** Proses Alkalisasi

5. Serat direndam, serat bambu dibilas dengan aquades sampai pH serat netral lalu dikeringkan dengan oven hingga struktur serat bambu sangat kering.
6. Serat ditimbang sesuai perhitungan.

### 3.5.1.2 Pengolahan Matriks

1. Polypropylene dalam bentuk butiran dimasukkan dalam suatu wadah, lalu ditimbang sesuai perhitungan masing-masing spesimen menggunakan timbangan digital.

## 3.5.2 Pembuatan Spesimen Uji Komposit

### 3.5.2.1 Pembuatan Cetakan

1. Untuk cetakan uji absorpsi suara terbuat dari seng dengan diameter 110 mm dan tinggi 30 mm
2. Untuk Cetakan Uji Bending terbuat dari besi dengan ukuran 140x15x5 mm.

### 3.5.2.2 Pembuatan Spesimen Uji

1. Melakukan *dry blending* yaitu pencampuran kering terhadap polypropylene, MAPP, dan serat bambu betung secara mekanik tanpa ada pelelehan. Proses ini dilakukan guna menjadikan distribusi campuran lebih homogen. Pencampuran dilakukan selama 2 menit untuk setiap formula
2. Hasil dari *dry blending* dimasukkan kedalam cetakan.



**Gambar 3.20** Hasil *Dry Blending* pada: a. Cetakan Uji Absorpsi Suara, b. Cetakan Uji *Flexural*

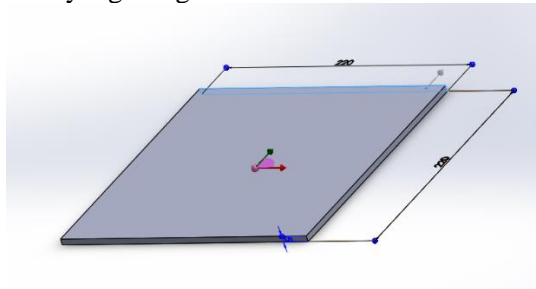
3. Oven dipanaskan hingga mencapai temperatur 180°C
4. Cetakan dimasukkan kedalam oven dan didiamkan selama  $\pm 20$  menit.
5. Cetakan dikeluarkan dari oven dibiarkan pada



- temperatur ruang
- Setelah spesimen mengering dan mengeras, cetakan diambil dan dibongkar
  - Spesimen dihaluskan permukaannya dengan menggunakan amplas

### 3.5.3 Pembuatan Model Ruang Mesin Otomotif

- Membuat desain pola cetakan model sesuai bentuk cetakan yang diinginkan.



**Gambar 3.21** Desain Pola Cetakan Model

- Membuat cetakan model yang sesuai dengan pola cetakan menggunakan plat tipis



**Gambar 3.22** Cetakan Model

- Melakukan *dry blending* yaitu pencampuran kering terhadap polypropylene, MAPP, dan serat bambu betung secara mekanik tanpa ada pelelehan ke dalam

cetakan model. Proses ini dilakukan guna menjadikan distribusi campuran lebih homogen. Pencampuran dilakukan selama 2 menit untuk setiap formula.



**Gambar 3.23** Hasil *Dry Blending* Model

4. Oven dipanaskan hingga mencapai temperatur 180°C.
5. Cetakan dimasukkan kedalam oven dan didiamkan selama  $\pm 20$  menit.
6. Mengeluarkan cetakan dan mendinginkan dalam temperatur ruang (25-27°C).
7. Setelah model mengering dan mengeras, cetakan diambil dan dibongkar.
8. Spesimen dihaluskan permukaannya dengan menggunakan gerinda.

### 3.6 Proses Pengujian

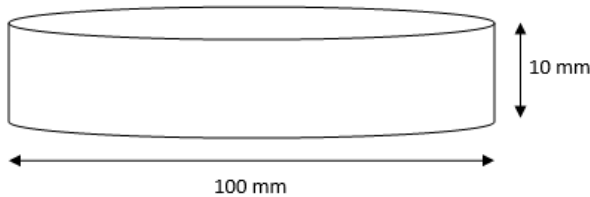
Setelah spesimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

#### 3.6.1 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara

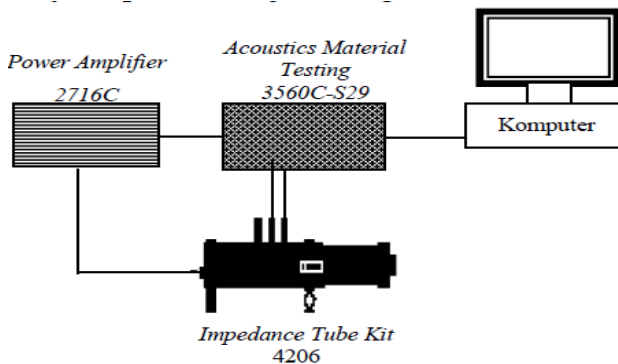
Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien absorpsi suara adalah tabung impedansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Departemen Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri ITS. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan



diameter 100mm dan tinggi 10 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.24:



**Gambar 3. 24** Dimensi Spesimen Uji Absorpsi Suara



**Gambar 3. 25** Rangkaian Alat Uji Absorpsi Suara  
Rangkaian alat terdiri dari:

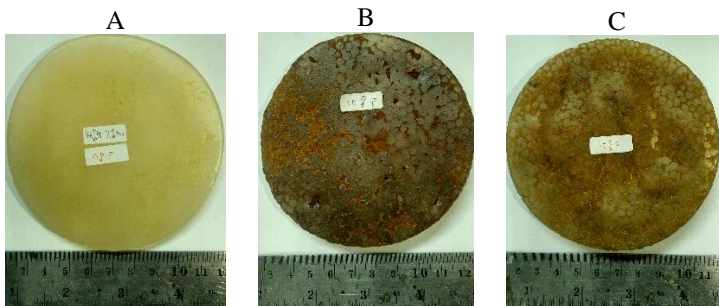
1. *Acoustic material testing 3560C-S29*: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon
2. *Power Amplifier 2716C*: Untuk menguatkan gelombang bunyi
3. *Impedance Tube kit 4206*: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
4. *Komputer*: Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian.

Pengujian absorpsi suara adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap

suara. Kualitas material penyerap suara ditentukan dari harga  $\alpha$  (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi). Semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin baik kemampuan material tersebut dalam menyerap suara. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0 maka tidak ada bunyi yang diserap oleh material tersebut sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1 maka 100 % bunyi yang datang diserap oleh material tersebut.

Prinsip pengujian koefisien absorpsi suara adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter.

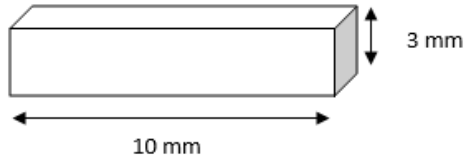
Untuk pengujian absorpsi suara spesimen dibuat dengan cetakan seng dengan ukuran diameter 10cm dan tebal 1cm. Pada pipa tersebut dilapisi dengan Aluminium Foil agar tidak terjadi reaksi antara spesimen dengan cetakan. Kemudian spesimen dirapikan. Berikut adalah Gambar 3.26 spesimen absorpsi suara.



**Gambar 3.26** Spesimen Uji Absorpsi Suara.

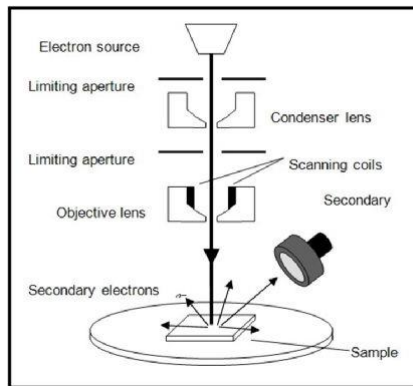
### 3.6.2 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, pori serta bentuk partikel material. Standar yang digunakan adalah ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10x10x3 mm ditunjukkan pada Gambar 3.27



**Gambar 3. 27** Dimensi Spesimen SEM

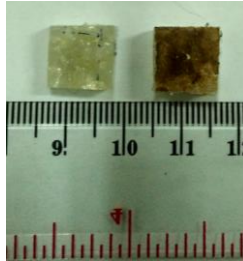
Prinsip kerja dari SEM seperti pada Gambar 3.28, sebuah pistol elektron akan memproduksi sinar elektron, kemudian elektron tadi dipercepat oleh anoda, setelah itu lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel, elektron telah fokus tadi memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai, ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT)



**Gambar 3. 28** Prinsip Kerja SEM

Pembuatan spesimen SEM diambil dari sisa spesimen uji lentur kemudian dipotong dengan ukuran sesuai standar. Berikut adalah contoh spesimen uji SEM pada Gambar 3.29



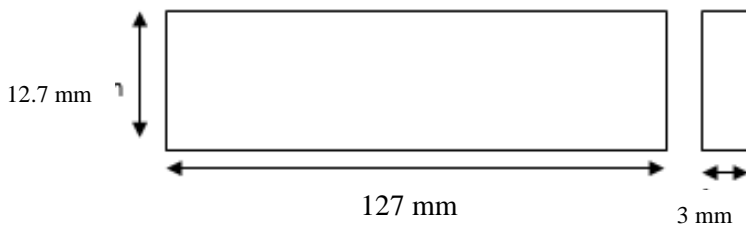


**Gambar 3.29** Spesimen Uji SEM.

### 3.6.3 Pengujian *Flexural*

Nilai kelenturan digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan ini dilakukan dengan metode three point bend. Spesimen diletakkan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Universitas Airlangga Surabaya.

Prosedur pengujian berdasarkan Standar ASTM D790 dimana dimensi spesimen yang diuji ialah sebesar 128x25x4 mm yang ditunjukkan oleh Gambar 3.30 berikut:



**Gambar 3. 30** Dimesi Uji Kelenturan

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = (3 PL / 2 bd^2)[1+6(D/L)^2-4(d/L)(D/L)] \quad (3.1)$$

Keterangan:

$\sigma_f$  = Kekuatan Lentur (MPa)

L = Support Span (mm)



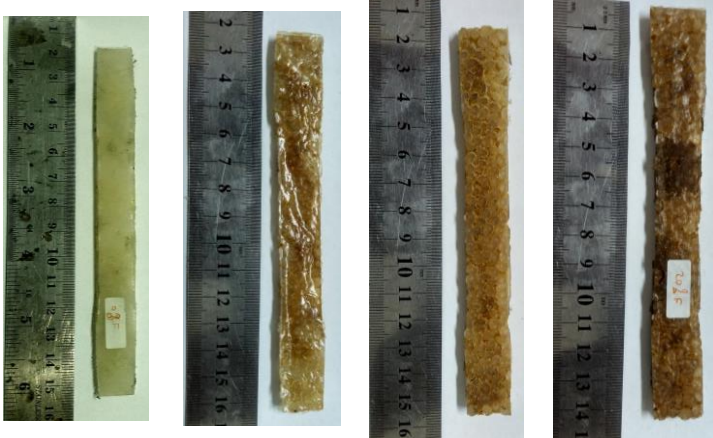
P = Beban Patah (N)

b = Lebar Spesimen (mm)

d = Tebal Spesimen (mm)

D= Defleksi ( $D=0.05L^2/bd$ )

Spesimen lentur dibuat dengan cetakan dari seng berukuran 140x15x5 mm. kemudian spesimen dipotong sesuai dengan standar seperti pada Gambar 3.31.



**Gambar 3.31** Spesimen Uji *Flexural*

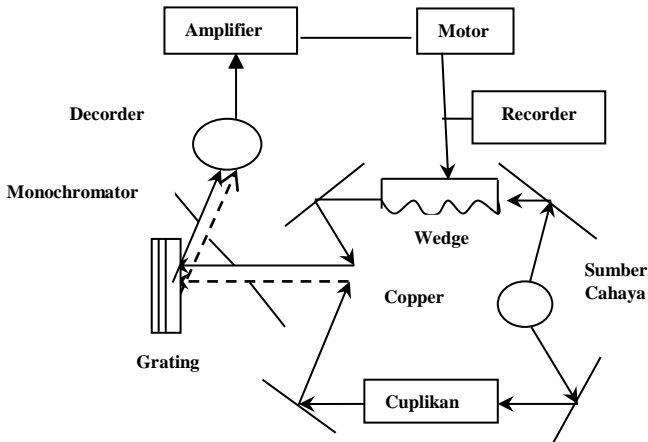
### 3.6.4 Pengujian *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada pada bambu. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan dari serat bambu serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. Skema dari mesin FTIR dapat dilihat pada Gambar 3. 32

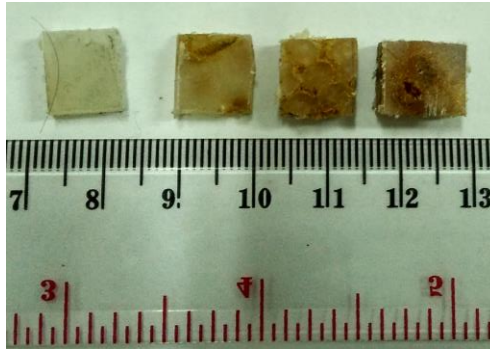
Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati chopper.

Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah.

Standar yang digunakan adalah ASTM E1252. Sampel, yang dapat dengan mudah diuji oleh FTIR seperti pada Gambar 3.33, termasuk pelet polimer, bagian, sampel buram, serat, bubuk, pelapis kawat, dan cairan. Scan inframerah yang khas dihasilkan di wilayah pertengahan inframerah dari spektrum cahaya. Daerah pertengahan inframerah adalah  $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$  wavenumbers, yang sama dengan panjang gelombang 2,5 sampai 25 mikron ( $10^{-3}\text{ mm}$ ). Pada Gambar 3.33 menunjukkan spesimen FTIR.



**Gambar 3. 32** Skema Uji FTIR



**Gambar 3.33** Spesimen Uji FTIR

### 3.6.5 Pengujian Densitas

Uji densitas dilakukan sesuai standart ASTM D792. Untuk menghitung massa jenis digunakan spesimen yang sama dengan spesimen absorpsi suara. Perhitungannya adalah dengan mencari *specific gravity* terlebih dahulu yaitu dengan cara sebagai berikut:

$$sp\ gr\ 23/23^{\circ}C = a/(a + w - b) \quad Eq\ (3.2)$$

Dimana:

$a$  = masa spesimen, tanpa wire atau sinker di udara

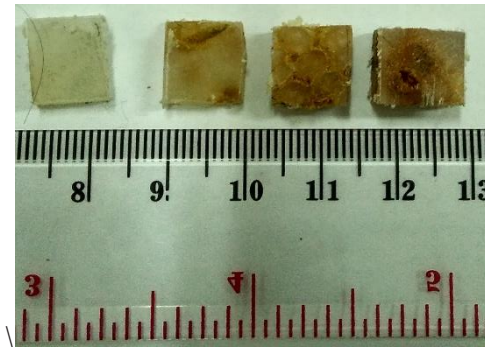
$b$  = massa specimen, saat tercelup semua ke dalam air atau larutan lain

$sp$  = Spesific Gravity

$w$  = massa total sinker atau wire yang tercelup

setelah mendapat *specific gravity*, kita dapat menghitung densitas dengan perhitungan sebagai berikut:

$$D^{23C},\ kg/m^3 = sp\ gr\ 23/23^{\circ}C \times 997.5 \quad Eq\ (3.3)$$



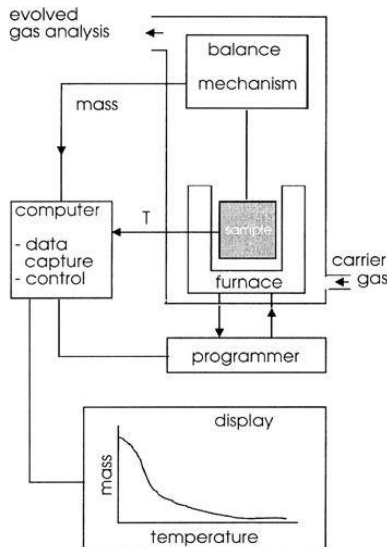
**Gambar 3.34** Spesimen Uji Densitas

### 3.6.6 Pengujian *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

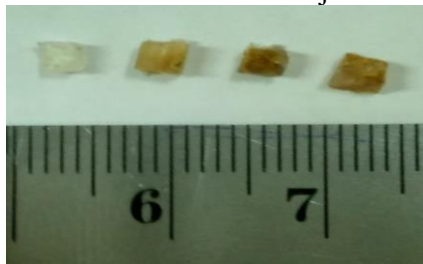
Pengujian TGA dengan menggunakan alat TGA STAR<sup>e</sup> System. *Thermogravimetric Analysis* (TGA) adalah alat pengukuran perubahan massa yang terjadi akibat dari perubahan temperatur. TGA dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan massa sample (*weight loss*) PDMS/PS. Analisa tersebut bergantung pada tiga pengukuran yaitu berat, temperatur, dan perubahan temperatur. Analisa termal gravimetri merupakan metode analisis yang menunjukkan sejumlah urutan dari lengkungan termal, kehilangan berat dari bahan setiap tahap, dan temperatur awal penurunan. Analisa termal gravimetric dilakukan untuk menentukan kandungan pengisi dan kestabilan termal dari suatu bahan. Metode TGA ini mengukur berkurangnya massa material ketika dipanaskan dari suhu kamar sampai suhu tinggi yang biasanya sekitar 200°C. Alat TGA dilengkapi dengan timbangan mikro didalamnya sehingga secara otomatis berat sampel setiap saat bisa terekam dan disajikan dalam tampilan grafik. Pada pemanasan yang terus menerus dari temperatur kamar, maka pada temperatur-temperatur tertentu material akan kehilangan cukup signifikan dari massanya. Kehilangan massa pada temperatur tertentu dapat mengindikasikan kandungan dari bahan uji, meski tidak bisa secara spesifik merujuk pada suatu senyawa tertentu seperti yang misalnya ditunjukkan oleh puncak –



puncak dari histogram FTIR. Sehingga biasanya TGA digunakan untuk melakukan analisa *proximate* seperti kadar air, kadar senyawa volatil dan kadar abu dalam bahan. Spesimen yang telah dipotong sehingga berukuran kecil dimasukkan ke dalam cawan kecil dari bahan platina, atau alumina ataupun Teflon. Pemilihan bahan dari cawan ini perlu disesuaikan dengan bahan uji. Pastikan bahan uji tidak bereaksi dengan bahan cawan serta tidak lengket ketika dipanaskan. Pengujian dilakukan berdasarkan standard ASTM E1131.



**Gambar 3. 35** Skema Uji TGA



**Gambar 2. 36** Spesimen Uji TGA



### 3.7 Jadwal Penelitian

Jadwal kegiatan penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.2.** Jadwal kegiatan penelitian

Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Preparasi alat dan bahan																
Pembuatan specimen																
Preparasi sampel uji																
Pengujian Absorpsi Suara																
Pengujian Lentur																
Pengujian TGA																
Pengujian FTIR																
Pengujian SEM																
Analisis data																
Pembuatan Laporan TA																
Asistensi laporan Kepada Dosen																



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*



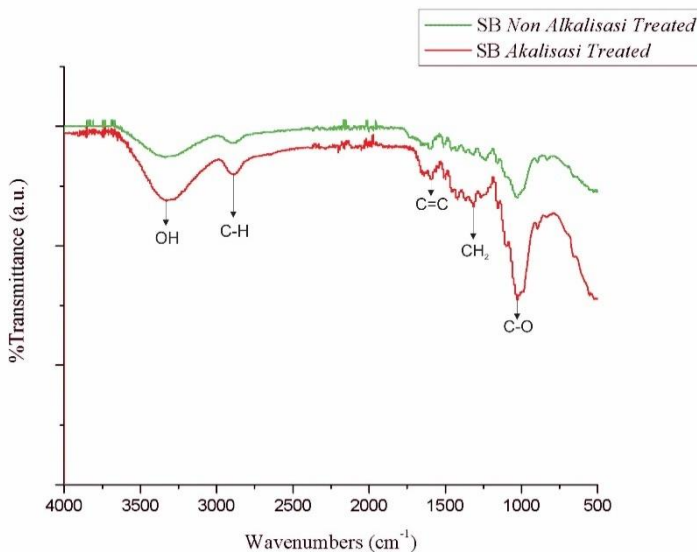
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Dalam uji FTIR yang akan diuji adalah serat bambu betung dengan perlakuan alkali, polypropylene serta polypropylene/Serat bambu betung. Masing masing sample diuji dan dianalisa FTIR agar dapat menentukan peak dari tiap sample dan mengidentifikasi gugus ikatan yang mengindikasikan sample tersebut.

#### 4.1.1 Analisis Hasil FTIR Serat Bambu Betung *Alkali Treated* dan *Non Alkali Treated*

Serat Bambu Betung mengandung lignin, dan hemiselulosa (Khalil, 2015). Gambar 4.1 menunjukkan pengujian FTIR pada serat bambu betung.



**Gambar 4.1** Hasil Uji FTIR pada Serat Bambu Betung *Alkali Treated* dan *Non Alkali Treated*



Hasil uji FTIR serat bambu betung *alkali treated* bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terkandung pada serat setelah dilakukan proses alkalisasi. Proses alkalisasi dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan komponen pengisi serat yang mengganggu dalam menentukan ikatan serta kekuatan antar muka yaitu lignin. Dengan adanya lignin maka matriks dan serat tidak memiliki interface yang baik, dan berdampak turunnya kekerasan permukaan. Oleh karena itu proses alkalisasi diperlukan untuk memperbaiki permukaan serat bambu dan menghilangkan lignin sehingga hanta terdapat selulosa di dalam serat tersebut.

**Tabel 4. 1** Daerah Serapan Infra Merah Serat Bambu Betung  
*Alkali Treated*

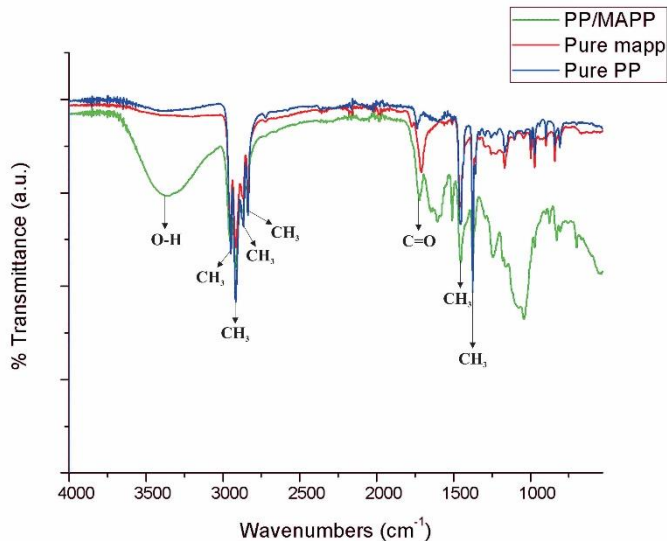
<b>Daerah Serapan (<math>\text{cm}^{-1}</math>)</b>		<b>Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi</b>
<b><i>Alkali Treated</i></b>	<b><i>Non Alkali Treated</i></b>	
3329.31	3337.73	O-H <i>stretching</i>
2884.48	2894.76	C-H <i>stretching</i>
1590.23	1600.39	C=C cincin aromatik
1420	1423	CH <sub>2</sub> deformasi
1025.84	1027.25	C-O <i>stretching</i>

Tabel 4.1 menunjukkan hasil uji FTIR serat bambu yang telah dialkalisasi. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa serat bambu alkalisasi terdapat ikatan O-H *stretching* pada puncak gelombang  $3329.31 \text{ cm}^{-1}$ , C-H *Stretching* pada  $1460 \text{ cm}^{-1}$ , C=C cincin aromatik pada puncak gelombang  $1590.23 \text{ cm}^{-1}$ , CH<sub>2</sub> deformasi pada  $1420 \text{ cm}^{-1}$ , dan C-O *stretching* pada  $1025.84 \text{ cm}^{-1}$ . Lignin ditunjukkan oleh adanya peak pada rentang  $1500\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$  dengan gugus aromatik C=C. Dapat dilihat pada rentang rentang  $1500\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$ , masih terdapat peak dengan intensitas yang berkurang yang mengindikasikan perlakuan alkali yang kurang optimal sehingga tidak menghilangkan lignin seluruhnya namun hanya mengurangi kadar dari lignin (Hongchang, 2015).



#### 4.1.2 Analisis Hasil FTIR Polypropylene dan MAPP

Pada satu unit molekul rantai *polypropylene* terdapat ikatan  $\text{CH}_2$  dan  $\text{CH}_3$  (Wieslaw, 2012). Gambar 4.2 menunjukkan pengujian FTIR pada polypropylene/2% MAPP, pure PP, dan MAPP.



**Gambar 4.2** Hasil Uji FTIR pada polypropylene/MAPP

Tabel 4.2 menunjukkan daerah serapan dari hasil pengujian FTIR terhadap *pure* PP, MAPP, dan PP/MAPP. Spektra FTIR *pure* PP menunjukkan adanya serapan pada daerah bilangan gelombang  $2948.39 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2915.98 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $2836.89 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  *stretching*; bilangan gelombang  $1452.97 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  deformasi; dan bilangan gelombang  $1375.10 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan  $\text{CH}_3$  deformasi. Pada spektra FTIR MAPP menunjukkan adanya serapan pada puncak gelombang  $3214 \text{ cm}^{-1}$  terdapat ikatan  $\text{OH}$  *stretching*;  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  *stretching* pada puncak gelombang  $2949.16 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2916.30 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2866.88 \text{ cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{C=O}$  *stretching* yang merupakan



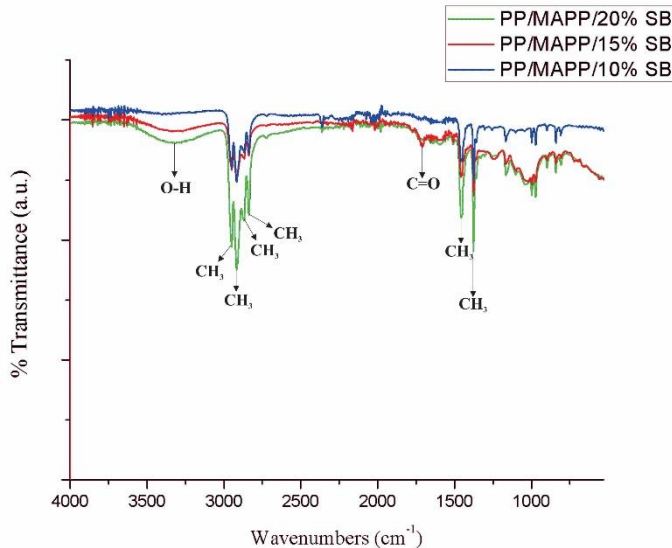
karakteristik dari MAPP pada puncak gelombang  $1708.25\text{ cm}^{-1}$ ; bilangan gelombang  $1452.84\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  deformasi; dan pada puncak gelombang  $1375.73\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  deformasi. Sedangkan pada PP/2%MAPP terdapat ikatan OH *stretching* pada puncak gelombang  $3362.01\text{ cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  *stretching* pada puncak gelombang  $2949.97\text{ cm}^{-1}$ ,  $2917.07\text{ cm}^{-1}$ , dan  $2838.57\text{ cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{C=O}$  *stretching* pada puncak gelombang  $1719.05\text{ cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  deformasi pada puncak gelombang  $1452.73\text{ cm}^{-1}$ ; dan  $1375.32\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  deformasi.

**Tabel 4.2** Daerah Serapan Infra Merah *pure polypropylene* dan PP/MAPP

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )			Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
Pure PP	MAPP	PP/MAPP	
-	3214	3362.01	OH <i>stretching</i>
2948.39	2949.16	2949.97	$\text{CH}_3$ <i>stretching</i> $\text{CH}_2$ <i>stretching</i>
2915.98	2916.30	2917.07	$\text{CH}_3$ <i>stretching</i> $\text{CH}_2$ <i>stretching</i>
2836.89	2866.88	2838.57	$\text{CH}_3$ <i>stretching</i> $\text{CH}_2$ <i>stretching</i>
-	1708.25	1719.05	$\text{C=O}$ <i>stretching</i>
1452.97	1452.84	1452.73	$\text{CH}_2$ deformasi $\text{CH}_3$ deformasi
1375.10	1375.73	1375.32	$\text{CH}_3$ deformasi



#### 4.2.3 Analisis Perbandingan Hasil FTIR Komposit PP/MAPP/Serat Bambu Betung



**Gambar 4.3** Hasil Uji FTIR pada Komposit PP/MAPP/Serat Bambu Betung

Tabel 4.3 menunjukkan daerah serapan dari hasil pengujian FTIR terhadap penambahan 10% SBB, 15% SBB, dan 20% SBB. Spektra FTIR penambahan 10% SBB menunjukkan adanya serapan pada daerah bilangan gelombang 2948.86  $\text{cm}^{-1}$ , 2916.35  $\text{cm}^{-1}$ , dan 2865.81  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  *stretching*; 1451.61  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  deformasi; dan bilangan gelombang 1375.03  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan  $\text{CH}_3$  deformasi. Pada spektra FTIR penambahan 15% SBB menunjukkan adanya serapan pada puncak gelombang 3345.63  $\text{cm}^{-1}$  terdapat ikatan  $\text{OH}$  *stretching*;  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  *stretching* pada puncak gelombang 2949.22  $\text{cm}^{-1}$ , 2916.26  $\text{cm}^{-1}$ , dan 2866.98  $\text{cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{C}=\text{O}$  *stretching* yang merupakan karakteristik dari MAPP pada puncak gelombang 1708.25  $\text{cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{C}=\text{C}$  cincin aromatik



pada puncak gelombang  $1617.87\text{ cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  deformasi pada puncak gelombang  $1458.12\text{ cm}^{-1}$ ; puncak gelombang  $1375.73\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  *stretching*; dan pada puncak gelombang  $1020.3$  menunjukkan ikatan  $\text{C-O}$  *stretching*. Sedangkan pada penambahan 20% SB terdapat ikatan  $\text{OH}$  *stretching* pada puncak gelombang  $3313.60\text{ cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  *stretching* pada puncak gelombang  $2949.59\text{ cm}^{-1}$ ,  $2915.54\text{ cm}^{-1}$ , dan  $2867.24\text{ cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{C=O}$  *stretching* pada puncak gelombang  $1719.05\text{ cm}^{-1}$ ; ikatan  $\text{C=C}$  cincin aromatik pada puncak gelombang  $1593.66$ ; ikatan  $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$  deformasi pada puncak gelombang  $1457.25\text{ cm}^{-1}$ ; puncak gelombang  $1375.53\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan ikatan  $\text{CH}_3$  deformasi dan pada puncak gelombang  $1028.39$  menunjukkan ikatan  $\text{C-O}$  *stretching*.

**Tabel 4.3** Daerah Serapan Infra Merah *pure polypropylene* dan PP/MAPP

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )			Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
10% SB	15% SB	20% SB	
-	3345.63	3313.60	$\text{OH}$ <i>stretching</i>
2948.86	2949.22	2949.59	$\text{CH}_3$ <i>stretching</i> $\text{CH}_2$ <i>stretching</i>
2916.35	2916.26	2915.54	$\text{CH}_3$ <i>stretching</i> $\text{CH}_2$ <i>stretching</i>
2865.81	2866.98	2867.24	$\text{CH}_3$ <i>stretching</i> $\text{CH}_2$ <i>stretching</i>
1718.67	1706.99	1719.05	$\text{C=O}$ <i>stretching</i>
1618.56	1617.87	1593.66	$\text{C=C}$ cincin aromatik
1451.61	1458.12	1457.25	$\text{CH}_2$ deformasi $\text{CH}_3$ deformasi
1375.03	1375.31	1375.53	$\text{CH}_3$ deformasi
1043.55	1020.3	1028.39	$\text{C-O}$ <i>stretching</i>

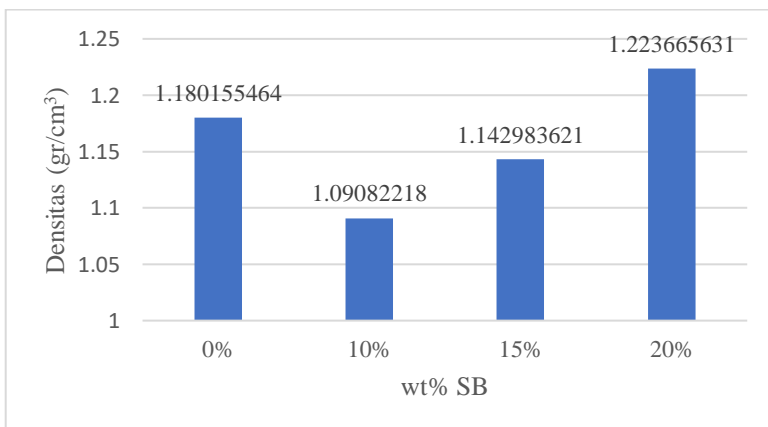


## 4.2 Analisis Densitas

Pengujian densitas ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan serat terhadap massa jenis dari komposit. Pengujian densitas ini mengacu pada ASTM D792. Tahapan untuk pengujian densitas ini yaitu dimulai dengan mengukur massa masing-masing sampel komposit dengan cara ditimbang diudara, kemudian dilakukan pengukuran massa sampel komposit ketika tercelup dalam air dengan menggunakan *sinker* berupa kawat. Setelah didapat nilai massa sampel di udara dan tercelup dalam air, kemudain dilakukan perhitungan untuk mencari densitas masing-masing sampel, dan tahap terakhir yaitu menghitung nilai rata-ratanya.

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Densitas

Fraksi Massa Serat Bambu Betung (%)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )
0	1.180155464
10	1.09082218
15	1.142983621
20	1.223665631



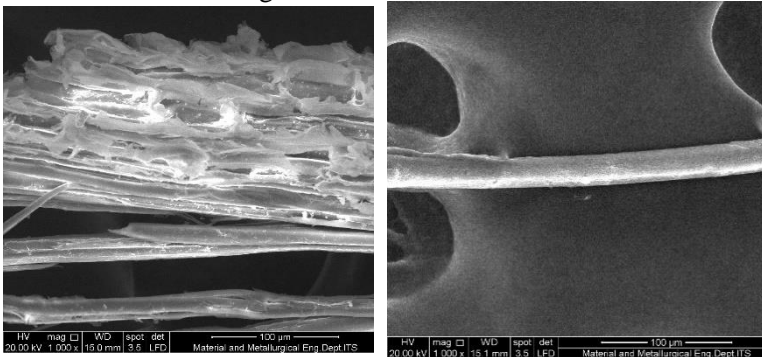
**Gambar 4.4** Nilai Densitas



Hasil yang di dapat dari uji denistas menunjukkan bahwa adanya porositas yang terdapat pada 10% porositas yang lebih banyak dibandingkan dengan % berat serat yang lain. Semakin kecil nilai densitas maka % porositas akan semakin besar (Zulfia, 2006). Pada penambahan fraksi massa serat 20% memiliki densitas yang paling besar karena, gaya adhesi antara matriks dan serat semakin membaik akibat penambahan MAPP, yang menyebabkan porositas pada 20% berat serat menjadi lebih kecil atau semakin sedikit dibandingkan dengan penambahan fraksi massa serat yang lain.

### 4.3 Analisis Morfologi

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa morfologi dari Serat Bambu Betung, Polypropylene dan Komposit. Proses pengambilan gambar morfologi komposit PP/SBB ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Pada pengujian SEM ini spesimen komposit PP/SBB dilapisi dengan coating AuPd. Setelah itu spesimen di masukkan ke dalam alat uji SEM dan diambil data gambar.

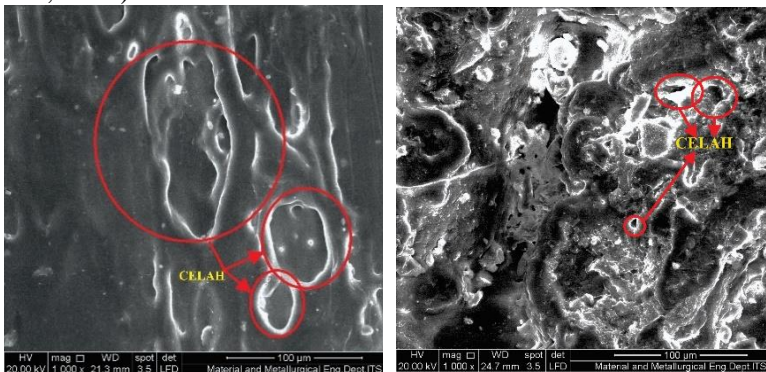


**Gambar 4.5** Hasil SEM Serat Bambu Betung (a) Tanpa Perlakuan Alkali (b) Serat dengan Perlakuan Alkali

Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa serat bambu betung dengan perlakuan alkali mengalami fibrilasi. Fibrilasi adalah



penguraian serat yang awalnya menjadi satu kemudian menjadi serat yang kecil dan halus. Selain itu terlihat bahwa serat dengan perlakuan alkali menjadi lebih bersih dan kekasaran permukaannya berkurang setelah perlakuan alkali. Pada alkalisasi, lapisan lilin (lignin) pada permukaan menghilang karena interaksinya dengan sodium sehingga permukaan menjadi lebih halus (M.A. Norul Izani, 2012). Selama perlakuan alkali serat, alkali menyebabkan kekacauan struktur serat dengan melarutkan lignin dan hemiselulosa yang mengakibatkan pemisahan serat menjadi serat halus (Gassan dan Bledzki, 1999). Alkali juga menyebabkan morfologi permukaan serat yang lebih kasar dibandingkan dengan tanpa perlakuan karena penghapusan hemiselulosa dan permukaan lainnya kotor seperti lilin, pektin, zat lemak (tyloses) dll (Prasad et al., 1983).

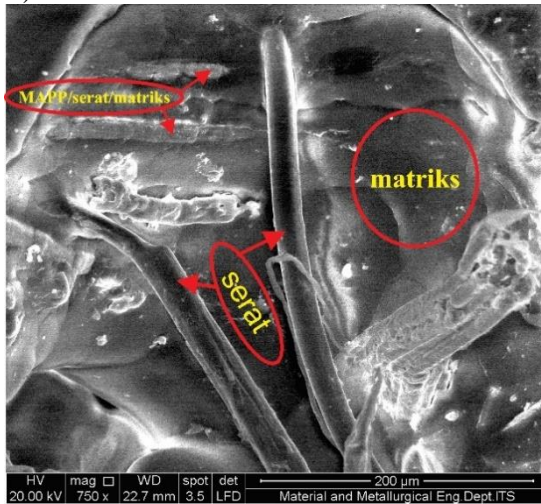


**Gambar 4.6** Hasil Uji SEM Polypropylene, (a) tanpa penambahan MAPP, (b) dengan penambahan MAPP

Pada Gambar 4.6 didapatkan hasil SEM polypropylene tanpa dan dengan menggunakan MAPP dengan perbesaran 1000x. Pada Gambar 4.6a dapat dilihat terdapat banyak celah akibat lemahnya gaya adhesi antar matriks, sehingga menyebabkan besarnya celah. Jika dibandingkan dengan Gambar 4.6b dapat dilihat ikatan kuat yang terbentuk yang ditunjukkan dengan



semakin sedikit dan kecilnya celah akibat penambahan MAPP (Kim, 2007).



**Gambar 4.7** Hasil Uji SEM PP/MAPP/20%SBB

Penambahan MAPP pada polymer maupun komposit dapat meningkatkan gaya adhesi dan sifat *wetting* yang baik (Kim, 2007). Hal ini juga ditunjukkan Gambar 4.7 pada komposit PP/MAPP/20% Serat Bambu Betung perbesaran 750x. Pada Gambar 4.7 terlihat adanya ikatan antara serat bambu betung dan matriks yang baik yang dibuktikan hampir tidak ada lubang di sekitar matriks karena sifat dari MAPP yang dapat meningkatkan gaya adhesi dan sifat *wetting* yang baik. Selain itu terlihat permukaan serat bambu betung tertutupi oleh matriks dengan baik akibat penambahan MAPP.

#### 4.4 Analisis Kekuatan Lentur (*Flexural*)

Pengujian flexural ini mengacu pada ASTM D790, yang mana menggunakan prinsip 3 point *flexural* test. Spesimen berada pada titik tumpu di kedua ujungnya, lalu pada bagian tengahnya diberi gaya tekan hingga spesimen patah, Uji bending komposit serat dilakukan di laboratorium farmasi Univeritas Airlangga

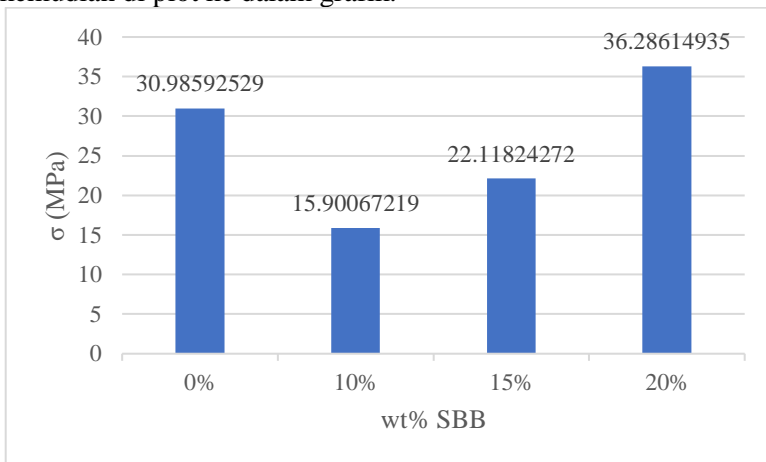


Surabaya. Dari pengujian bending yang telah dilakukan, diperoleh hasil data *flexural strength* dan *flexural modulus* sebagai berikut:

**Tabel 4.5** Hasil Uji *Flexural Strength*

% Berat SBB/MAPP	$\sigma$ (MPa)
0%/2%	30.98592529
10%/2%	15.90067219
15%/2%	22.11824272
20%/2%	36.28614935

Dari hasil pengujian *flexural strength* pada Tabel 4.5 kemudian di plot ke dalam grafik.



**Gambar 4.8** Grafik *Flexural Strength*

Dari Gambar 4.8 diatas dapat diketahui bahwa pada komposit, PP/2% MAPP/20% SBB mempunyai nilai *flexural strength* tertinggi dibandingkan dengan penambahan mapp dan fraksi massa lain yaitu sebesar 36.2861 Mpa. Sedangkan pada spesimen PP/2% MAPP mempunyai nilai *flexural strength* sebesar 30.9859 Mpa. Lalu pada komposisi PP/2% MAPP/15% SBB



mempunyai nilai *flexural strength* sebesar 22.1182 Mpa. Berdasarkan hasil pengujian, nilai *flexural strength* terendah ada pada spesimen komposit PP/2%MAPP/10%SBB sebesar 15.9007 Mpa.

Menurut Gayatri (2014), kurangnya serat yang ditambahkan akan menurunkan kemampuan komposit untuk menahan beban yang diberikan, sehingga dapat dilihat dari pengujian, spesimen komposit yang seratnya lebih sedikit memiliki *flexural strength* yang lebih kecil. Berdasarkan Gambar 4.8 diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak penambahan serat ke dalam komposit maka akan semakin meningkatkan nilai kekuatan lentur dan modulus lentur oleh material komposit. Akan tetapi pada komposit dengan 10% dan 15% berat serat memiliki *flexural strength* yang lebih kecil dibandingkan dengan 0% berat serat. Hal ini dikarenakan komposit dengan 10% dan 15% berat serat memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0% berat serat. Dibuktikan pada besar densitas dari komposit dengan 10% dan 15% berat serat memiliki densitas yang lebih rendah dari 0% berat serat, karena semakin besar densitas maka semakin banyak poros yang dimiliki oleh komposit, dan dapat mempengaruhi sifat mekanik komposit.

#### 4.5 Analisis Absorpsi Suara

Pada pengujian absorpsi suara ini mengacu pada ASTM E1050 mengenai pengujian material akustik. Dari hasil pengujian dapat kita ketahui bahwa semakin besar nilai  $\alpha$ , maka penyerapan bunyinya semakin baik. Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Pengujian absorpsi suara dilakukan di Laboratorium Vibrasi dan Akustik, Departemen Teknik Fisika, ITS. Perangkat yang digunakan meliputi dua mikrofon, amplifier, tabung impedansi B&K 4206, pulse multi analyzer, dan laptop. Specimen dipasang dalam tabung impedansi dengan posisi melintang menggunakan penyangga plastisin. Kemudian dipancarkan gelombang suara dengan frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi. Gelombang yang datang dari mikrofon diserap oleh permukaan spesimen dan ditangkap



kembali oleh microfon yang kedua. Hasil dari gelombang suara yang datang dan tertangkap kemudian dianalisis untuk mendapatkan fungsi respon frekuensi. Nilai koefisien absorpsi suara kemudian diolah oleh *software pulse* 4.6 dan disajikan dalam bentuk nilai alfa.

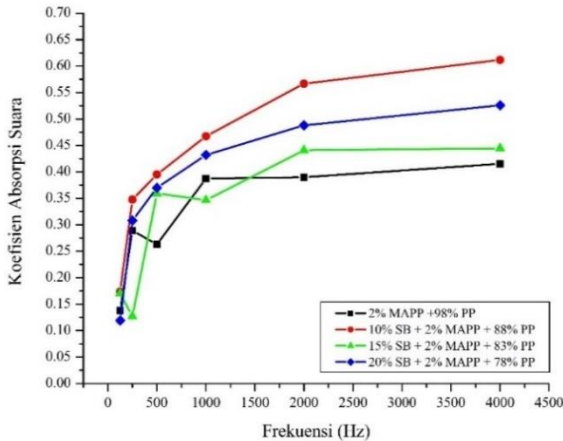
Tabel 4.6 menunjukkan hasil dari pengujian absorpsi suara. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa nilai koefisien absorpsi suara setiap sampel berbeda seiring dengan perbedaan frekuensi, fraksi massa serat, dan adanya penguat lain di dalam material komposit. Hal ini disebabkan karena perbedaan komposisi dari masing-masing sampel yang menyebabkan perbedaan kerapatan, atau bisa juga ketidakhomogenan dari sampel tersebut yang disebabkan oleh tidak meratanya persebaran serat hingga berdampak pada nilai koefisien absorpsi suara (Yusuf dan Farid, 2016).

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian Absorpsi Suara

Frekuensi (Hz)	Nilai Koefisien Absorpsi Suara ( $\alpha$ )			
	PP/2% MAPP	PP/ 2% MAPP/10 % SBB	PP/ 2% MAPP/15 % SBB	PP/ 2% MAPP/20 % SBB
125	0.1374	0.1736	0.1702	0.119
250	0.2893	0.3476	0.1270	0.308
500	0.2629	0.3950	0.3593	0.370
1000	0.3876	0.4674	0.3465	0.432
2000	0.3898	0.5668	0.4408	0.488
4000	0.4155	0.6117	0.4447	0.526



Kemudian hasil dari pengujian absorpsi suara di plot ke dalam grafik.



**Gambar 4.9** Nilai Koefisien Absorpsi Suara

Gambar 4.9 menunjukkan karakteristik kemampuan penyerapan suara dari keempat spesimen. Perbedaan koefisien absorpsi suara terlihat berbeda di frekuensi rendah dan sedang, akan tetapi pada rentang frekuensi tinggi perbedaan koefisien penyerapan suaranya sangat kecil. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh antara banyaknya serat terhadap nilai koefisien absorpsi suara. Semakin naik frekuensi, secara umum menyebabkan meningkatnya nilai absorpsi suaranya. Namun ketika penambahan serat lebih dari 10 % akan menurunkan nilai koefisien absorpsi suaranya.

Dapat dilihat dari grafik, PP dengan penambahan MAPP memiliki nilai absorpsi suara yang paling rendah dibandingkan dengan komposit PP/MAPP/SBB di berbagai rentang frekuensi. Dengan penambahan serat, nilai absorpsi pun semakin naik diakibatkan adanya rongga atau porositas yang terbentuk di perbatasan antara permukaan matriks dan filler (Bathara dan Farid, 2017). Pada penambahan fraksi massa serat bambu betung 15%, koefisien absorpsi menurun pada frekuensi 1000 Hz. Penurunan

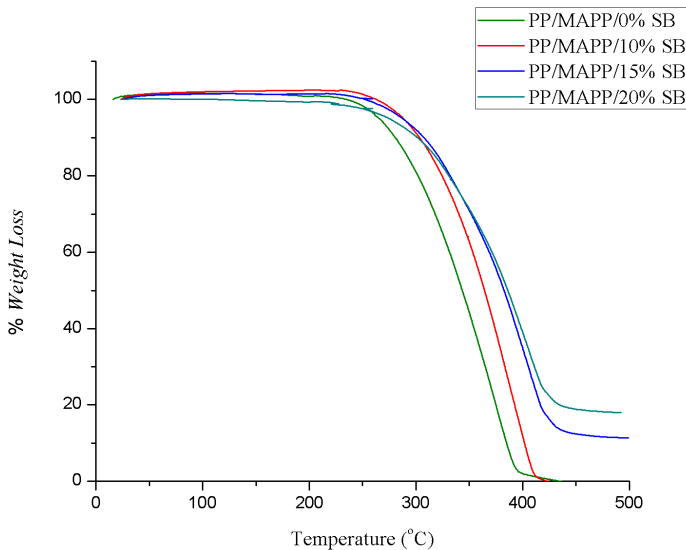


nilai koefisien absorpsi ini disebabkan karena partikel telah jenuh maka terjadi pembuangan energi yang mengakibatkan koefisien absorpsi menurun (Sinaga, 2012). Yusril pada tahun 2013 juga mengatakan bahwa setiap penambahan fraksi *filler* belum tentu menaikkan nilai  $\alpha$ , karena fraksi *filler* yang tinggi akan cenderung tidak homogen distribusinya, atau bisa dibilang teraglomerasi pada satu titik. Hal ini berpengaruh pada nilai  $\alpha$ .

Elliott H. Berger, dkk. pada *Noise Navigator Sound Level Database with 1700 Measurement Values* tahun 2015 mengatakan bahwa kendaraan dengan tipe *Armored Personel Carrier* (APC) memiliki *sound pressure level* sebesar 109-118 dBA yang terdeteksi di dalam kendaraan tersebut. Dengan demikian komposit PP/MAPP/Serat Bambu Betung masih belum berada dalam rentang tersebut untuk nilai koefisien absorpsi suaranya.

#### 4.6 Analisis TGA

*Thermogravimetric Analysis* (TGA) adalah alat pengukuran perubahan massa yang terjadi akibat dari perubahan temperatur. TGA dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan massa sample (*weight loss*) PDMS/PS. Analisa tersebut bergantung pada tiga pengukuran yaitu berat, temperatur, dan perubahan temperatur. Pengujian dilakukan di Laboratorium Terpadu FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Pengujian TGA ini dilakukan berdasarkan standard ASTM E1131.



**Gambar 4.10** Grafik TGA PP/MAPP/Serat Bambu Betung

Pada Gambar 4.10 menunjukkan *weight loss* dari komposit pada range temperatur 0-500 °C. Pada Gambar 4.10 menunjukkan 3 region temperatur yaitu temperatur dibawah 250 °C, 250-400 °C, dan diatas 400 °C. Pada region temperatur dibawah 250 °C % *weight loss* untuk komposit relatif lebih stabil. Sedangkan pada region temperatur dengan range 250-400°C menunjukkan perbedaan % *weight loss* yang berbeda-beda, pada komposit dengan penambahan 0% SBB menunjukkan % *weight loss* yang mencapai 1.98% pada temperatur 400°C. Seiring bertambahnya presentase massa serat yang digunakan maka % *weight loss* yang dimiliki semakin, hal ini ditunjukkan pada temperatur 400°C komposit dengan penambahan 10% SBB memiliki % *weight loss* sebesar 11.8%, komposit dengan penambahan 15% SBB memiliki % *weight loss* sebesar 34.87%, dan yang paling besar adalah komposit dengan penambahan 20% SBB memiliki % *weight loss* sebesar 39.01%. Pada region temperatur diatas 400°C pengurangan massa terus berlanjut hingga *decomposition* dari polypropylene





seluruhnya selesai pada temperature 450°C (Nasution, 2015). Akan tetapi pada komposit polypropylene dengan penambahan 15% dan 20% SBB menunjukkan adanya massa sisa atau residu dari serat bambu betung. Hal ini dikarenakan *decomposition* dari serat bambu betung lebih sulit dibandingkan dengan *polypropylene*, dan MAPP, yang menyebabkan pengurangan massa sampai temperatur 500°C bahkan sampai 700°C (Zakikhani, 2016).

Donaldson pada *Engine Horsepower and Exhaust Flow Guide* mengatakan bahwa kendaraan dengan tipe *Armored Personel Carrier* (APC) memiliki temperatur kerja yang sama dengan mesin diesel Mercedes Benz *type* OM 403 dengan 320 HP dengan 2500 rpm yaitu sebesar 482 °C. Dengan demikian komposit PP/MAPP/Serat Bambu Betung masih belum cocok jika diaplikasikan pada kompartemen mesin *Armored Personel Carrier* (APC).

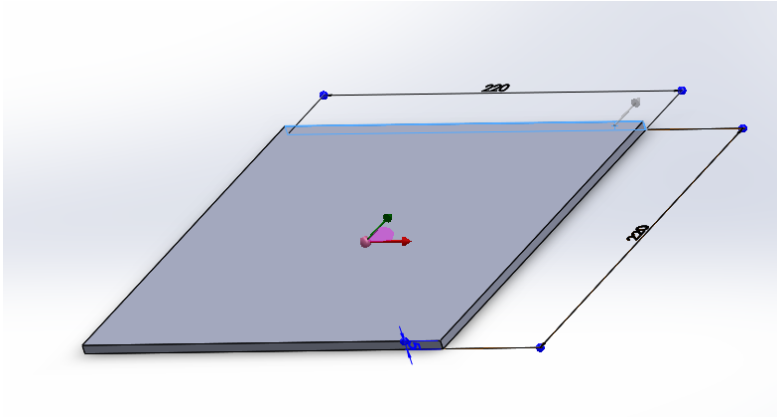
#### 4.7 Model Ruang Mesin Otomotif

Model yang dimaksud adalah *prototype* dari ruang mesin otomotif yang dibuat lebih kecil dengan perbandingan 1:5 karena adanya keterbatasan dalam proses manufakturnya sehingga dibuatlah model tersebut. Model yang akan dibuat yaitu ruang mesin dari Pindad Anoa 6x6 *Armored Personel Carrier* (APC). Dalam proses manufakturnya dapat dibuat dengan proses cetakan terbuka seperti *hand lay up*, *spray up*, dan *pressure bag*, dan proses cetakan tertutup seperti *compression molding*, dan *injection molding*. Model yang dibuat menggunakan proses *uncompression molding*.

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan model ada 3 macam, yaitu *polypropylene* sebagai *matriks*, serat bambu betung sebagai *filler*, dan MAPP sebagai *coupling agent* komposit. *Polypropylene* dan MAPP yang digunakan berupa pellet, dan serat bambu betung berupa serbuk dengan ukuran homogen yang telah dilakukan proses alkali sebelumnya untuk menghilangkan lignin dari serat. Pada proses manufakturnya dibutuhkan cetakan yang menyerupai ruang mesin dari Pindad Anoa 6x6 APC dengan



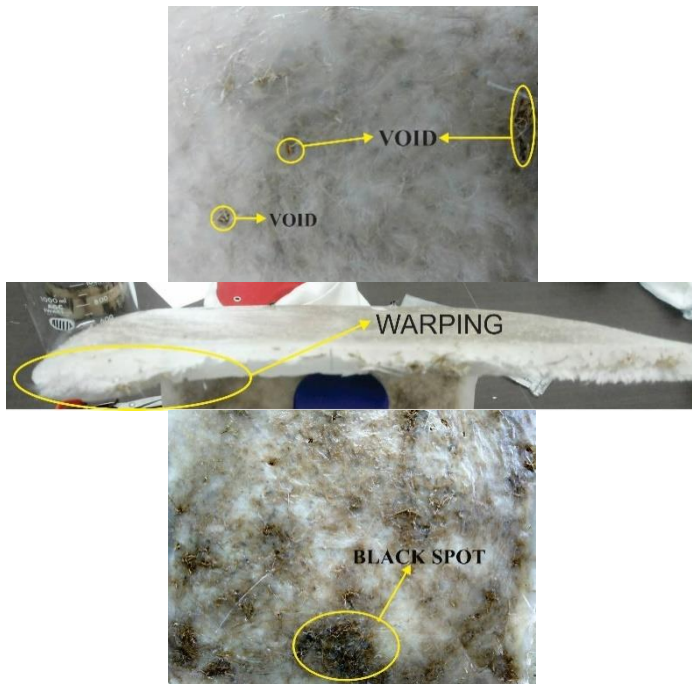
perbandingan 1:5. Material cetakan model berupa plat besi tipis dan bisa dicari di toko-toko. Desain dari cetakan dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut:



**Gambar 4.11** Desain Pola Cetakan Model

Proses manufaktur dari model ruang mesin Pindad Anoa 6x6 APC dimulai dengan menimbang bahan-bahan yang dibutuhkan dengan presentase penambahan serat 10%, dan *coupling agent* komposit sebesar 2%. Presentase tersebut diambil karena setelah dilakukan beberapa pengujian, memiliki kekuatan fisik dan mekanik yang lebih bagus daripada variabel yang lain. Kemudian bahan-bahan dimasukkan ke dalam cetakan dengan cara *dry blending* dengan diberi penekanan. Kemudian hasil *dry blending* dan cetakan dimasukkan ke dalam oven untuk melelehkan *polypropylene* sebagai komponen pembentuk komposit. Oven diatur dalam temperatur 180 °C, dan dilakukan *holding* di dalam oven selama  $\pm 20$  menit. Kemudian cetakan dikeluarkan dari oven dan didiamkan dalam temperatur kamar agar komposit mengeras. Setelah mengeras, komposit dikeluarkan dari cetakan.

Setelah hasil model ruang mesin otomotif telah jadi dilakukan analisa visual hasil proses manufaktur. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kegagalan atau cacat yang terbentuk setelah proses manufaktur selesai.



**Gambar 4.12** Hasil Analisa Visual *Model*, (a) Void, (b) Warping, (c) *Black Spot*.

Pada Gambar 4.12 menunjukkan adanya kegagalan berupa cacat yang terjadi setelah proses pengerjaan manufaktur. Pada Gambar 4.12a menunjukkan adanya cacat berupa void yang terjadi pada *model*. Hal ini disebabkan adanya udara yang terjebak ketiak proses pembuatan *model* dilakukan. Cara menanggulangnya dengan mengganti proses dengan metode ekstrusi yang dapat meminimalisir udara masuk. Ada juga cacat *warping* yaitu terdapat bagian yang bengkok atau melengkung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12b. Cacat jenis ini disebabkan oleh ketidaksamaan distribusi pada *model* sehingga cacat terjadi. Cara menanggulangnya dengan menggunakan metode *compression molding* supaya *model* dapat lebih merata. Yang terakhir adalah cacat *black spot* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12c,



---

cacat ini disebabkan karena kerusakan thermal atau terlalu lama di dalam oven. Cara menanggulangnya dengan cara mengurangi temperatur sehingga cacat jenis ini tidak terjadi

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Penambahan fraksi massa serat SBB memberikan kenaikan pada nilai densitas, tetapi ketika penambahan fraksi massa serat lebih dari 10% nilai densitasnya menurun, hal ini menunjukkan semakin menaikkan nilai porositas yang dimiliki komposit. Pada morfologi, dapat dilihat pori yang terbentuk semakin sedikit karena penambahan MAPP sebagai *coupling agent* untuk memperbaiki gaya adhesi antara serat dan matriks, sehingga poros yang dimiliki semakin kecil.
2. Penambahan fraksi massa SBB memberikan kenaikan terhadap nilai absorpsi suara, tetapi ketika penambahan fraksi massa SBB lebih dari 10% nilai koefisiennya menurun. Nilai koefisien absorpsi tertinggi yang diperoleh yaitu 0.46117 pada frekuensi 4000 Hz dengan penambahan 10% SBB.
3. Nilai kekuatan lentur komposit PP berpenguat serat bambu betung mengalami kenaikan seiring penambahan fraksi massa seratnya, akan tetapi pada 10% SBB kekuatan lentur menurun karena poros yang ada pada komposit semakin besar. Nilai kekuatan lentur komposit PP berpenguat serat bambu betung terbesar didapatkan pada fraksi massa 20% SBB, dengan nilai kekuatan lentur komposit sebesar 36.2861 Mpa.
4. Telah berhasil dibuat *model* ruang mesin panser anoa 6 x 6 APC. Di dalam *model* terdapat cacat berupa *void*, *warping*, dan *black spot*.



---

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Menggunakan alat *twin-screw extruder* agar persebaran serat dalam matriks merata
2. Menggunakan alat *Handtruder* untuk pembuatan spesimen uji *flexural*/tarik supaya tidak ada void pada komposit.
3. Mengujikan DSC untuk mengetahui batas maksimal komposit bekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. *Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Ahaddin, Erdinanto Eko dan Moh. Farid. 2016. *Analisa Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Kekuatan Lentur dan Sifat Fisik Pada Pembuatan Komposit Polyurethane/Serat Bambu Betung dengan Metode Hand Lay-up Untuk Aplikasi Door Panel Mobil*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- ASTM D790. *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM D792. *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08, American Society for Testing and Materials (ASTM) Philadelphia, USA.
- ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system*. ASTM Subcommittee E33.01
- ASTM E2809, *Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X Ray Spectrometry in Forensic Paint Examinations*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASM Handbook Vol 21: *Composites* (USA: ASM International, 2001).

- Bambang Prayogi. 2014. *Perancangan dan Proses Pembuatan Inner Door Panel Mobil Pick Up Multiguna*. Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya.
- Bathara dan Moh. Farid. 2017. *Pengaruh Fraksi Berat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Bahan Akustik Polypropylene/Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Aplikasi Door Panel Mobil*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Callister, William J. 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition*, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- Campbell, F.C. 2010. *Structural Composite Material*. USA: ASM International
- David, Cripps. 2010. *Manufacturing Guide and Tools*, <http://netcomposites.com/guide-tools/guide>, (Diakses pada 10 Juli 2017).
- Doelle, L. L. 1993. *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.
- Eben, Hizkia dan Moh. Farid. 2016. *Analisa Sifat Akustik Dan Morfologi Material Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Bambu Dan Rami*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Farid, M., H. Ardhyana, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, 2015. *Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre*. *Advanced Materials Research*. Vol.1112, pp. 329-332.
- Farid, M., T. Heryanto. 2013. *Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials*. *Advanced Material Research*. Vol. 789, pp.269-273
- Gayathri, R., R.Vasanthakumari. 2014. *Nanomaterials in PU Foam for Enhanced Sound Absorption at Low Frequency Region*. Switzerland: *Advanced Materials Research* Vol. 938
- Harold, F. 2005. *Extrusion: The Definitive Processing Guide and Handbook*. New York: Crescent Associates, Inc.



- Howard, David M, Angus, Jamie AS. 2009. *Acoustics and Pshycoacoustic*. Burlington: Focal Press.
- Igarza, Esteban. 2013. *Structure-Fracture Properties Relationship for Polypropylene Reinforced with fly ash with and without maleic anhydride functionalized isotatic Polypropylene as Coupling Agent*. Universidad de Buenos Aires: Argentina.
- Ismail. 2013. *Panser Anoa*. <http://senjatamiliterdunia.co.id/panser-anoa.html> (Diakses pada 21 Juli 2017).
- Jorge P. Arenas and Malcolm J. Crocker, 2010. *Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials*, University Austral of Chile, Valdivia, Chile and, Auburn University, Auburn, Alabama, Sound and Vibration.
- Karian, Harutun G. 2003. *Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composite, 2nd Edition, Revised and Expanded*, Marcel Dekker, Inc.
- Khalil. 2005. *The Use of Bamboo Fibres as Reinforcements in Composites*. Malaysia: Universiti Sains Malaysia and Universiti Putra Malaysia.
- Kim, Hee-Soo., Lee, Byoung Yoo. 2007. *The Effect of Types of Maleix Anhydride-grafted polypropylene (MAPP) on the interfacial adhesion properties of bio-flour-filled polypropylene composite*. Seoul National University: Enviromental Science Unicersity.
- Mahadi. 2007. *Teknik Pembuatan Lembaran Polimer pada proses Ekstrusi*. Sumatera Utara: Repository USU.
- Mirbagheri S. 1014. *Chemical modification of Maleic Anhydride: Melt Grafting, Characterization and Mechanism*.
- Mediastika, E Christina. 2005. *Akustika Bangunan*. Jakarta: Erlangga.
- Mokhtar, Munirah. 2007. *Characterization and Treatments of Pinneapple Leaf Fibre Thermoplastic Composite for Contruction Aplication*. Universiti Teknologi Malaysia: Johor baru, Malaysia.
- Nasution, Halimatuddahlia. 2015. *Impact Strength and Thermal Degradation of Waste Polypropylene (wPP)/oil Palm Empty*

- Fruit Bunch (OPEFB) Composite: Effect of Maleic Anhydride -g- Polypropylene (MAPP) addition.* Universitas Sumatra Utara: Indonesia.
- Nayiroh, Nurul. 2013. *Klasifikasi Komposit – Metal Matrix Composite.* Teknologi Material Komposit: Indonesia.
- Lee, Y and Changwhan, J. 2003. *Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers.* Autex Research Journal. Vol. 3, No.2.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook.* New York: McGraw-Hill Inc
- Sinoj, S, Visvanathan. R. 2010. *Towards Industrial Utilization of Oil Palm Fibre: Physical and Dielectric Characterization of Linear Low Density Polyethylene Composite and Comparison with Other Fibres Source.*
- Suban, Stefanus Laga dan Moh. Farid, 2015. *Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum.* Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit.* Surabaya: ITS Press.
- Zakikhani, Parnia. 2016. *Thermal Degradation of Four Bamboo Species.* Universiti Putra Malaysia: Malaysia.
- Zhou, Xiaxing. 2013. *Effect of Maleic Anhydride -g- Polypropylene (MAPP) on the Physico-Mechanical properties and Rheological Behavior of Bamboo-Polypropylene Foamed Composites.* Fujian Agriculture and Forestry University: China.

## **LAMPIRAN A**

### **PERHITUNGAN MASSA SPESIMEN UJI**

Hukum Pencampuran:

$$V_f + V_m + V_v = 1$$

Jika  $V_f$  = fraksi Massa Fibre (10%, 15%, 20% Serat Bambu)

$V_m$  = Fraksi Massa Matriks

$V_v$  = Fraksi Massa Void (2% Mapp)

Maka,

$$V_f + V_m + V_v = 1$$

$$(0.1/0.15/0.2) + (0.88/0.83/0.78) + (0.02) = 1$$

#### 1. Massa Spesimen Uji Absorpsi Suara

Massa Total = 66 gram

##### a. Fraksi Massa Serat 10 %

- Massa Serat :  $0.1 \times 66 \text{ gram} = 6.6 \text{ gram}$
- Massa MAPP:  $0.02 \times 66 \text{ gram} = 1.32 \text{ gram}$
- Massa *Polypropylene*:  $0.88 \times 66 \text{ gram} = 58.08 \text{ gram}$

##### b. Fraksi Massa Serat 15 %

- Massa Serat:  $0.15 \times 66 \text{ gram} = 9.9 \text{ gram}$
- Massa MAPP:  $0.02 \times 66 \text{ gram} = 1.32 \text{ gram}$
- Massa *Polypropylene*:  $0.83 \times 66 \text{ gram} = 54.78 \text{ gram}$

##### c. Fraksi Massa Serat 20 %

- Massa Serat:  $0.2 \times 66 \text{ gram} = 13.2 \text{ gram}$
- Massa MAPP:  $0.02 \times 66 \text{ gram} = 1.32 \text{ gram}$
- Massa *Polypropylene*:  $0.78 \times 66 \text{ gram} = 51.48 \text{ gram}$

#### 2. Massa Spesimen Uji *Flexural*

Massa Total = 14 gram

##### a. Fraksi Massa Serat 10 %

- Massa Serat :  $0.1 \times 14 \text{ gram} = 1.4 \text{ gram}$
- Massa MAPP:  $0.02 \times 14 \text{ gram} = 0.28 \text{ gram}$

- Massa *Polypropylene*:  $0.88 \times 14 \text{ gram} = 12.32 \text{ gram}$
- b. Fraksi Massa Serat 15 %
  - Massa Serat:  $0.15 \times 14 \text{ gram} = 2.1 \text{ gram}$
  - Massa MAPP:  $0.02 \times 14 \text{ gram} = 0.28 \text{ gram}$
  - Massa *Polypropylene*:  $0.83 \times 14 \text{ gram} = 11.62 \text{ gram}$
- c. Fraksi Massa Serat 20 %
  - Massa Serat:  $0.2 \times 14 \text{ gram} = 2.8 \text{ gram}$
  - Massa MAPP:  $0.02 \times 14 \text{ gram} = 0.28 \text{ gram}$
  - Massa *Polypropylene*:  $0.78 \times 14 \text{ gram} = 10.92 \text{ gram}$

## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN MASSA JENIS KOMPOSIT

Mencari Massa Jenis Spesimen:

$$\frac{\text{massa spesimen dalam udara (gr)}}{\text{massa spesimen dalam air (gr)}} \times \text{massa jenis air (1 gr/cm}^3\text{)}$$

Kode Spesimen	Massa Spesimen (g)	Massa spesimen dalam air (ml)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )
0%	0.5162	0.4374	1.180155464
10%	0.4564	0.4184	1.09082218
15%	0.5164	0.4518	1.142983621
20%	0.8666	0.7082	1.223665631

# LAMPIRAN C

## HASIL PENGUJIAN ABSORPSI SUARA

### 1. PP/MAPP



#### LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : akoestische@gmail.com

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 157/PRO/VIBRASTIC/V/2017  
Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

#### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 0% Fiber dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 26 Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

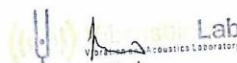
Tabel Alpha Material Spesimen Uji

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.1374
250	0.2983
500	0.2629
1000	0.3876
2000	0.3898
4000	0.4155

#### Kesimpulan

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc.  
NIP. 1960022918701 1 001

## 2. PP/MAPP/10% SB



### LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FAX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 155/PRO/VIBRATIC/V/2017  
Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

#### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel specimen 95% Fiber dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 26 Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.1736
250	0.3476
500	0.3950
1000	0.4674
2000	0.5668
4000	0.6117

#### Kesimpulan

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik

  
Vibrastic Lab  
VIBRATION AND ACOUSTICS LABORATORY  
Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc  
NIP. 1960022918701 1 001

### 3. PP/MAPP/15% SB



#### LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FABX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 30 Mei 2017

No : 156/PRO/VIBRASTIC/V/2017  
Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

#### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 15% Fiber dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Jumat, 26 Mei 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.1702
250	0.1270
500	0.3593
1000	0.3465
2000	0.4408
4000	0.4447

#### Kesimpulan

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik



Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc  
NIP. 1960022918701 1 001



#### 4. PP/MAPP/20% SB



#### LABORATORIUM VIBRASI DAN AKUSTIK TEKNIK FISIKA

Gedung E-101, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri  
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya 60111  
Telp. (031) 5947188, 599425-4 Fax. 03-5923626 FABX : 1201  
<http://www.vibrastic.ep.its.ac.id>  
email : [akoestische@gmail.com](mailto:akoestische@gmail.com)

Surabaya, 2 Juni 2017

No : 177/PRO/VIBRATIC/VI/2017

Hal : Hasil Pengukuran Alpha Material

#### SURAT KETERANGAN

Dari pengukuran Alpha Material pada spesimen uji dengan sampel spesimen 20% Fiber dari mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi - ITS yang dilakukan pada Kamis, 1 Juni 2017 pukul 00.00 WIB dengan ukuran diameter = 9.8 cm dan ketebalan = 1 cm, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

**Tabel Alpha Material Spesimen Uji**

Frekuensi (Hz)	Alfa ( $\alpha$ )
125	0.119
250	0.308
500	0.370
1000	0.432
2000	0.488
4000	0.526

#### Kesimpulan

Pengujian alpha material pada spesimen uji didapatkan hasil nilai alpha seperti pada tabel diatas. Dengan nilai alpha tersebut dapat diartikan bahwa spesimen memiliki kecenderungan semakin tinggi frekuensi bunyi yang diterima maka spesimen semakin menyerap dan atau meneruskan bunyi.

Mengetahui,  
Kepala Laboratorium Vibrasi dan Akustik

Ir. Wiratno Argo Asmoro, M.Sc  
NIP. 1960022918701 1 001

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Zulfa Ilham Basyarahil yang lahir di kota Malang pada tanggal 16 April 1995 adalah Putra yang lahir dari pasangan Ayah bernama Nur Arifin dan Ibu Harmini. Penulis adalah putra pertama dari dua bersaudara. Penulis mulai menempuh pendidikan formal di MI Muhammadiyah Karanganyar, lalu SMP MTA Gemolong, kemudian SMA Negeri 3 Surakarta. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh

Nopember Departemen Teknik Material FTI. Semasa kuliah penulis aktif di berbagai kegiatan intra dan ekstra kampus antara lain pernah menjadi staff Badan Semi Otonom Kewirausahaan HMMT FTI-ITS 2014/2015, Direktur Badan Semi Otonom Kewirausahaan FTI-ITS 2015/2016. Selain itu penulis juga memiliki pengalaman kerja praktisi di PT. Petrokimia Gresik dan ditempatkan di Departemen Inspeksi bagian Inspeksi Korosi dan Metalurgi. Sebagai tugas akhir, penulis mengambil topik mengenai Material Inovatif (Komposit Kayu).